



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minería, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

**“Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las
viviendas de la subcuenca Chucchun - Carhuaz”**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias
Ambientales

AUTOR

Rosa Deifilia RODRÍGUEZ ANAYA

ASESOR

Dr. Neil Sandro ALATA OLIVARES

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Rodríguez, R. (2019). *“Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun - Carhuaz”*. [Tesis de doctor, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minería, Metalúrgica y Geográfica / Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

UNIDAD DE POSGRADO

270
Secor
Copia

UNIDAD DE POSGRADO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los veintiocho días del mes de febrero del 2019, siendo las 18:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del JURADO EXAMINADOR DE TESIS, nombrado mediante Dictamen N.º 142/UPG-FIGMMG/2019 del 18 de febrero del 2019, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TITULO

«VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE RIESGO SISMICO DE LAS VIVIENDAS DE LA SUBCUENCA CHUCCHUN-CARHUAZ»

Que, presenta la Mag. **ROSA DEIFILIA RODRÍGUEZ ANAYA**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES**.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N.º 06367-FIGMMG-2012 del 29 de agosto del 2012, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento de los Estudios de Maestría y Doctorado».


Luego de la Sustentación de la Tesis, los miembros del Jurado Examinador procedieron a aplicar la escala descrita en el Art. 61 del precitado Reglamento, correspondiéndole a la graduando la siguiente calificación:

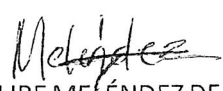
BUENO (15)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES** a la Mag. **ROSA DEIFILIA RODRÍGUEZ ANAYA**.


Siendo las 19:00 horas, se dio por concluido al acto académico


DR. CARLOS FRANCISCO CABREJA CARRANZA
Presidente


DR. MIGUEL ALBERTO IBAÑEZ SÁNCHEZ
Secretario


DR. JUAN FELIPE MELÉNDEZ DE LA CRUZ
Miembro


DRA. JULIA MARILÚ CALDERÓN DE ALVARADO
Miembro


DR. NEIL SANDRO ALATA OLIVARES
Asesor

DEDICATORIA

Con mucho cariño y amor dedico de manera especial esta tesis

A mi hijo Edward, por ser motivo de perseverancia, constante superación y por expresarme siempre su amor.

A mis a mis padres Nelita y Juber por su amor y soporte emocional, a mi esposo por su paciencia y fortaleza.

A mis hermanos y a Karen por contar siempre con su apoyo moral.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por poner en mi camino personas que me han alentado e inspirado a ser mejor, haciendo posible la culminación de esta investigación.

A la EPG de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por acogerme durante todo el periodo de estudios y por los conocimientos adquiridos durante el tiempo de mi formación.

A la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo por contribuir con la culminación de la tesis

Al Dr. Jesús Chávez Machado, por motivarme y encaminarme a desarrollar mi investigación.

Al Dr. Neil Sandro Alata Olivares, por su apoyo profesional para la concretización de esta tesis.

Al Dr. Carlos Cabrera Carranza, por su apoyo incondicional para la culminación de mi investigación

.
A Janette Vera Barbarán, por su dedicación, gestión y apoyo moral desde el inicio hasta la culminación de mi tesis.

A Maritza Anaya Verástigue por su soporte emocional.

A los miembros del jurado por el tiempo dedicado en la revisión del presente trabajo de investigación.

INDICE

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	3
1.1 Situación Problemática	3
1.2 Formulación del problema	10
1.2.1. General	10
1.2.2. Específicos	10
1.3 Justificación teórica	10
1.4 Justificación práctica	12
1.5 Objetivos	13
1.5.1. Objetivo general	13
1.5.2. Objetivos específicos	13
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	14
2.1. Marco epistemológico de la investigación	14
2.2. Antecedentes de investigación	16
2.3. Bases teóricas	21
2.3.1. Peligro:	22
2.3.2. Peligro Sísmico	22
2.3.3. Riesgo de desastre:	23
2.3.4. Riesgo sísmico	23
2.3.5. Vulnerabilidad:	23
2.3.6. Vulnerabilidad estructural	23
CAPITULO 3: METODOLOGÍA	26
3.1. Ámbito de Estudio	26
3.2. Ubicación de viviendas en la Subcuenca Chucchun	28
3.3. Tipo de Investigación y Diseño de la Investigación	30
3.3.1. Tipo de Investigación	30
3.3.2. Diseño de Investigación	30
3.4. Hipótesis	33
3.4.1. Hipótesis General:	33
3.4.2. Hipótesis Específicas:	34
3.5. Operacionalización de las variables	34
CAPITULO 4: RESULTADOS	36
4.1. Características del territorio que influyen en el riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun	36
4.1.1 Historia de los sismos en Ancash	36

4.1.2 Flora de la Subcuenca Chucchun	38
4.1.3. Geología y Geomorfología de la Subcuenca Chucchun	38
4.1.4. Procesos de la geodinámica interna de Ancash	42
4.1.5. Sísmicidad del ámbito de estudio de la subcuenca Chucchun, provincia de Carhuaz	43
4.1.6. Microzonificación sísmica	50
4.1.7. Niveles de Peligro de la Subcuenca Chucchun según su litología y pendiente	51
4.1.8. Ponderación de los parámetros del peligro sísmico	53
4.1.8. Determinación del peligro sísmico	59
4.1.9. Determinación de niveles de peligro	59
4.2. Características de las variables e indicadores que influyen en la vulnerabilidad estructural de las viviendas de la Subcuenca Chucchun ante riesgo sísmico	62
4.3. Determinación de los niveles índices de vulnerabilidad estructural de las viviendas de la Subcuenca Chucchun que influyen en los niveles de riesgo sísmico	73
4.3.1. Calculo de la vulnerabilidad	83
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	85
CAPITULO 5: IMPACTOS	86
5.1. Propuesta para la solución del problema	86
5.2. Costos de la implementación de la propuesta	88
5.3. Beneficios que aporta la propuesta	88
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	91
ANEXOS	96

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1: EMERGENCIAS Y DAÑOS ACUMULADOS A NIVEL NACIONAL PERIODO 1995 - 2010	8
CUADRO 2: RELACIÓN DE LOCALIDADES UBICADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	28
CUADRO 3: MATRIZ DE SAATY	33
CUADRO 4: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	34
CUADRO 5: <i>HISTORIA DE LOS SISMOS EN ANCASH</i>	37
CUADRO 6: FACTOR Z DE LA ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD.....	50
CUADRO 7: NIVELES DE PELIGRO DE LA SUBCUENCA CHUCCHUN SEGÚN SU LITOLOGÍA Y PENDIENTE	51
CUADRO 8: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DE PELIGRO SÍSMICO	54
CUADRO 9: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE RIESGO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS.....	54
CUADRO 10: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	54
CUADRO 11: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DE LA INTENSIDAD DEL SISMO	55
CUADRO 12: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DE LA INTENSIDAD DEL SISMO ..	56
CUADRO 13: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	57
CUADRO 14: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DE LA MAGNITUD DEL SISMO	57
CUADRO 15: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DE LA MAGNITUD DEL SISMO	57
CUADRO 16: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	58
CUADRO 17: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DE LA ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO.....	58
CUADRO 18: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DE LA ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO	58
CUADRO 19: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO.	58
CUADRO 20: CÁLCULO DEL PELIGRO SÍSMICO.....	59
CUADRO 21: CÁLCULO DE NIVELES DE PELIGRO	59
CUADRO 22: NIVELES DE PELIGRO DE LA SUBCUENCA CHUCCHUN	59
CUADRO 23: MATRIZ DE PELIGROS DE LA SUBCUENCA CHUCCHUN	60
CUADRO 24: SISTEMA ESTRUCTURAL PREDOMINANTE DE LAS VIVIENDAS EN LAS LOCALIDADES DE LA SUBCUENCA DE CHUCCHÚN.....	62
CUADRO 25: MATERIAL PREDOMINANTE UTILIZADO EN LAS PAREDES DE LAS VIVIENDAS EN LAS LOCALIDADES DE LA SUBCUENCA DE CHUCCHÚN.....	63
CUADRO 26: TIPO DE MATERIAL UTILIZADO COMO SISTEMA DE CUBIERTA EN LA EDIFICACIÓN DE LAS VIVIENDAS EN LAS LOCALIDADES DE LA SUBCUENCA DE CHUCCHÚN	64

CUADRO 27: TIPO DE MATERIAL UTILIZADO PARA EL SISTEMA DE ENTREPIOS DE LAS VIVIENDAS EN LAS LOCALIDADES DE LA SUBCUENCA DE CHUCCHÚN	65
CUADRO 28: NÚMERO DE PISOS QUE TIENEN LAS VIVIENDAS EN LAS LOCALIDADES DE LA SUBCUENCA DE CHUCCHÚN	66
CUADRO 29: AÑO DE CONSTRUCCIÓN DE LAS VIVIENDAS EN LAS LOCALIDADES DE LA SUBCUENCA DE CHUCCHÚN	67
CUADRO 30: ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS VIVIENDAS EN LAS LOCALIDADES DE LA SUBCUENCA CHUCCHÚN.....	68
CUADRO 31: CARACTERÍSTICAS DEL SUELO SOBRE LAS CUALES ESTÁN CONSTRUIDAS LAS VIVIENDAS EN LAS LOCALIDADES DE LA SUBCUENCA CHUCCHÚN.....	69
CUADRO 32: CARACTERÍSTICAS DE UBICACIÓN DE LAS VIVIENDAS EN LAS LOCALIDADES DE LA SUBCUENCA CHUCCHÚN	70
CUADRO 33: TOPOGRAFÍA DEL SITIO DE CONSTRUCCIÓN DE LAS VIVIENDAS EN LAS LOCALIDADES DE LA SUBCUENCA CHUCCHÚN	71
CUADRO 34: FORMA DE CONSTRUCCIÓN DE LAS VIVIENDAS EN LAS LOCALIDADES DE LA SUBCUENCA CHUCCHÚN	72
CUADRO 35: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE RIESGO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS.....	73
CUADRO 36: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE RIESGO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS.....	74
CUADRO 37: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	74
CUADRO 38: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DE LA LOCALIZACIÓN DE VIVIENDAS EN RELACIÓN AL EPICENTRO.....	74
CUADRO 39: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DE LA LOCALIZACIÓN DE VIVIENDAS EN RELACIÓN AL EPICENTRO.....	75
CUADRO 40: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	75
CUADRO 41: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL TIPO DE MATERIAL DE LAS PAREDES	75
CUADRO 42: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL TIPO DE MATERIAL DE LAS PAREDES	76
CUADRO 43: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	76
CUADRO 44: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL TIPO DE MATERIAL DE TECHO.....	76
CUADRO 45: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL TIPO DE MATERIAL DE TECHO.....	77
CUADRO 46: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	77
CUADRO 47: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL TIPO MATERIAL DE PISO.....	77

CUADRO 48: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL TIPO MATERIAL DE PISO.....	78
CUADRO 49: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	78
CUADRO 50: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL NÚMERO DE PISOS	78
CUADRO 51: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL NÚMERO DE PISOS	78
CUADRO 52: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	79
CUADRO 53: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL AÑO DE CONSTRUCCIÓN	79
CUADRO 54: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL AÑO DE CONSTRUCCIÓN	79
CUADRO 55: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	79
CUADRO 56: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	80
CUADRO 57: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	81
CUADRO 58: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	82
CUADRO 59: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DE LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO	82
CUADRO 60: MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DE LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO	82
CUADRO 61: ÍNDICE (IC) Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA (RC) OBTENIDO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA EL PARÁMETRO	82
CUADRO 62: CALCULO DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA	83
CUADRO 63: NIVELES DE VULNERABILIDAD	83
CUADRO 64: MATRIZ DE ÍNDICES DE VULNERABILIDAD.....	83

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE PELIGRO SÍSMICO DEL PERÚ-2011	4
FIGURA 2: MAPA DE CALIFICACIÓN DE PROVINCIAS, SEGÚN NIVELES DE PELIGRO - CMRRD, 2003 - MVCS	6
FIGURA 3: EMERGENCIAS Y DAÑOS ACUMULADOS SEGÚN DEPARTAMENTOS. PERIODO 1995 - 2010	8
FIGURA 4: ÁMBITO DE ESTUDIO DE LA SUBCUENCA CHUCCHUN	26
FIGURA 5: MAPA DE UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA CHUCCHUN	27
FIGURA 6: UBICACIÓN DE LAS VIVIENDAS EN LA SUBCUENCA CHUCCHUN	29
FIGURA 7: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA.	32
FIGURA 8: LÍNEA DE TIEMPO DE LOS SISMOS CON MAYOR INTENSIDAD EN ANCASH	38
FIGURA 9: MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA SUBCUENCA CHUCCHUN	40
FIGURA 10: LEYENDA DE MAPA GEOMORFOLÓGICO	41
FIGURA 11: ESQUEMA DE SUBDUCCIÓN DE LA PLACA DE NAZCA BAJO LA PLACA SUDAMERICANA	42
FIGURA 12: MAPA DE SÍSMICO DEL PERÚ	44
FIGURA 13: MAPA DE SISMICIDAD SUPERFICIAL DEL PERÚ	45
FIGURA 14: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE MÁXIMAS INTENSIDADES SÍSMICAS - CISMID	46
FIGURA 15: MAPA DE INTENSIDADES MACROSÍSMICAS DEL PERÚ - IGP	47
FIGURA 16: MAPA PRELIMINAR DEL PELIGRO SÍSMICO INTENSIDADES MACROSÍSMICAS - IGP	48
FIGURA 17: MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA	49
FIGURA 18: MAPA DE PELIGRO SÍSMICO DE LA SUBCUENCA CHUCCHUN	61
FIGURA 19: SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS VIVIENDAS	62
FIGURA 20: TIPO DE MATERIAL EN PAREDES	63
FIGURA 21: TIPO DE CUBIERTA	64
FIGURA 22: SISTEMA DE ENTREPISOS	65
FIGURA 23: NÚMERO DE PISOS	66
FIGURA 24: AÑO DE CONSTRUCCIÓN	67
FIGURA 25: ESTADO DE CONSERVACIÓN	68
FIGURA 26: CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	69
FIGURA 27: LOCALIZACIÓN	70
FIGURA 28: TOPOGRAFÍA DEL SITIO	71
FIGURA 29: FORMA DE CONSTRUCCIÓN	72
FIGURA 30: MAPA DE VULNERABILIDAD DE LA SUBCUENCA CHUCCHUN	84

GLOSARIO DE SIGLAS

BID: Banco Interamericano de Desarrollo

CAN: Comunidad Andina

CENEPRED: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres

CISMID: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres

EIRD: Estrategia Internacional para la Gestión del Riesgo de Desastres

GL: Gobierno Local

GRD: Gestión del Riesgo de Desastres

IGP: Instituto Geofísico del Perú

INAIGEM: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

INDECI: Instituto Nacional de Defensa Civil

INGEMMET: Instituto Geológico, Minero Metalúrgico

MEF: Ministerio de Economía y Finanzas

MVCS: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PCM: Presidencia del Consejo de Ministros

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivos identificar las características del territorio y de los indicadores que influyen en la vulnerabilidad estructural de las viviendas ante el riesgo sísmico. En la metodología se aplicó el diseño no experimental transeccional, usando como instrumento un cuestionario para la aplicación de encuestas a la muestra de 343 viviendas; para determinar el nivel de vulnerabilidad de las viviendas se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ). Los hallazgos evidencian que el territorio de la subcuenca Chucchun, por las características de la litología, pendiente y susceptibilidad o exposición presenta condiciones de vulnerabilidad alta y muy alta; los resultados de las encuestas evidencian que las viviendas presentan condiciones de vulnerabilidad y ante la ocurrencia del riesgo sísmico, las viviendas son altamente vulnerables.

Palabras claves: vulnerabilidad estructural; viviendas; riesgo sísmico; subcuenca.

ABSTRACT

The research had as objectives to identify the characteristics of the territory and the indicators that influence the structural vulnerability of the houses to the seismic risk. In the methodology, the non-experimental transectional design was applied, using as a tool a questionnaire for the application of surveys to the sample of 343 dwellings; The Analysis Hierarchical Process (AHP) was used to determine the level of vulnerability of the houses. The findings show that the territory of the Chucchun sub-basin, due to the characteristics of the lithology, slope and susceptibility or exposure, presents conditions of high and very high vulnerability; the results of the surveys show that the houses present conditions of vulnerability and before the occurrence of the seismic risk, the houses are highly vulnerable.

Keywords: Structural vulnerability; households; seismic risk; sub-basin

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

Lo evidenciado a través del tiempo, presentan al territorio peruano como una historia pasada en catástrofes en su tiempo de vida hasta la actualidad, como fruto de una secuencia de eventos a gran escala o magnitud e intensidad, evidenciados como terremotos, desastres como el fenómeno El Niño, precipitaciones, olas de frío masivos, sequías, entre otras, demostrando que en ocasiones originaron la desaparición de algunos pueblos, obligando a la población de la zona a migrar para sobrevivir. Un caso evidenciando recientemente es lo ocurrido en el año 1970 que fue un sismo, con secuela de aluvión ocurrido en la ciudad de Yungay.

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP-2011) la mayor cantidad y las grandes catástrofes se han evidenciado en el reconocido Cinturón de Fuego del Océano Pacífico que reconoce a los países que rodean al mencionado océano, lo mencionado como ejemplo es lo mencionados sismos ocurridos en América del Sur en la última década: Arequipa en el año 2001, con un sismo de 8,2 grado de magnitud; otro caso es en la ciudad de Pisco en 2007, con 8,0 grados de magnitud y lo ocurrido en el país de Chile en el año 2010, con una magnitud de 8,8 grados. (Ver Figura 1). A partir de esto en nuestro país, forma parte de esta región, considerando que su borde occidental colisiona de manera frontal con la placa de Nazca junto a Chile, Ecuador y Colombia, por encima de una superficie de que presenta una aproximación de 7,500 km de diámetro. Por otro lado, la placa de Nazca y la parte de Sudamérica se encuentra en

continuo movimiento generando y liberando energía manifestados en sismos y erupciones volcánicas (IGP, 2011).

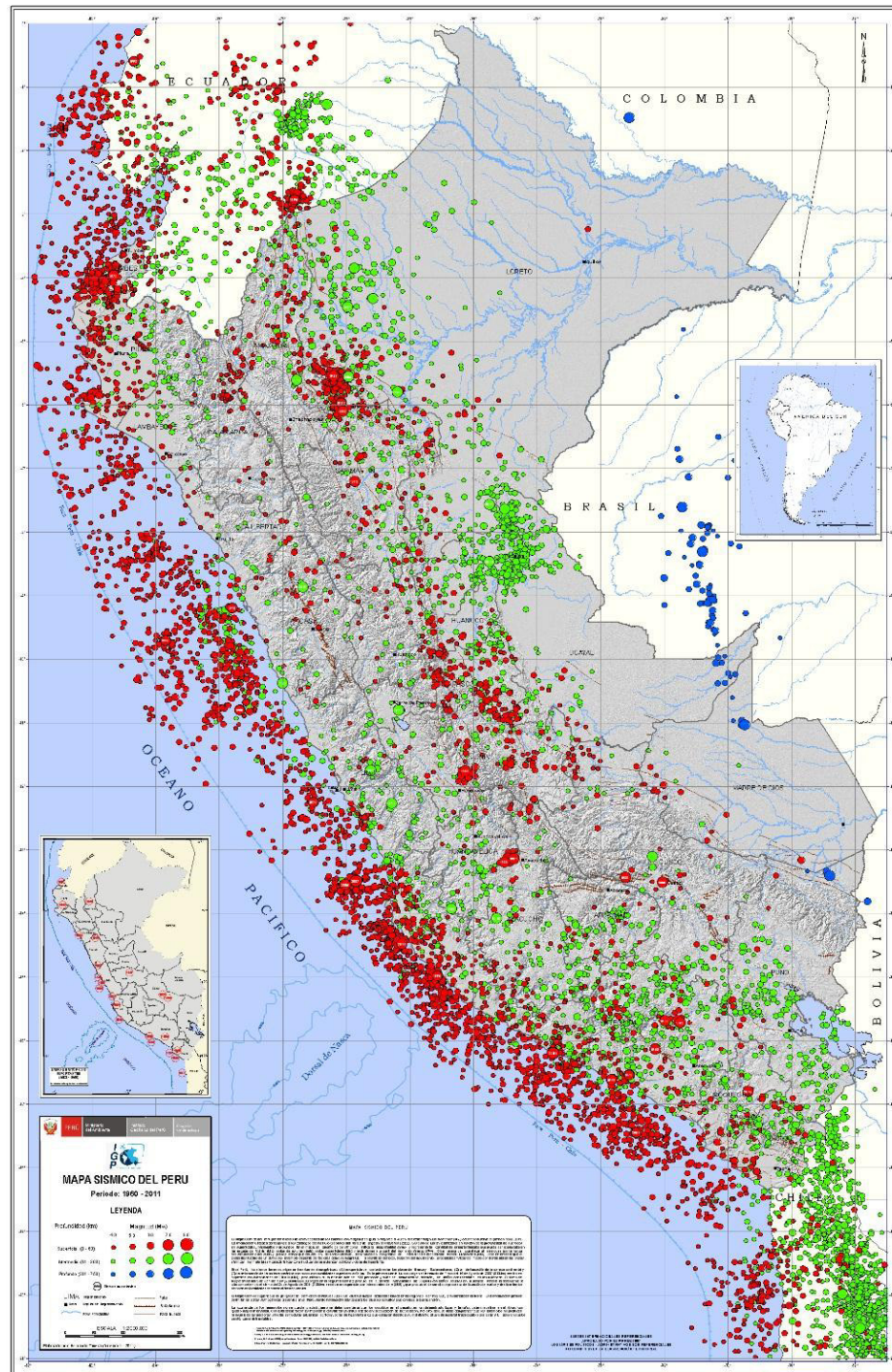


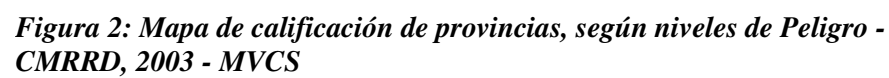
Figura 1: Mapa de peligro sísmico del Perú-2011

En la región Centro y en el Sur del Perú existen silencios o lagunas sísmicas que vienen siendo analizados y que son indicadores de futuros sismos de magnitud importante; la mayor aspereza se encuentra frente al departamento de Lima y que hace más de 270 años no ocurre un terremoto de gran magnitud, por lo que es necesario realizar acciones de prevención y/o mitigación ante la ocurrencia de esta gran amenaza. La manifestación de sismos permite a los científicos considerar que ninguna ciudad que posee nuestro país se encuentra libre de afectaciones en algún momento por ocurrencias de sismos y se debe considerar de suma importancia documentar las ocurrencias que se generan para tener una base de datos de los sucesos importantes que ayuden a los científicos y técnicos en la prevención de desastres naturales (IGP, 2011).

De otro lado, la dimensión del problema de vulnerabilidad del Perú ante desastres es significativa, el Perú está identificado como uno de los países con mayor vulnerabilidad y a sufrir desastres debido a su ubicación dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, donde ocurre el 85% de todos los sismos del mundo, según, el IGP, nuestro país cuenta con redes sísmicas y de GPS, cuya información permite identificar la ubicación de las asperezas (áreas de ruptura) que darían origen en el futuro, a los próximos grandes sismos frente a múltiples amenazas naturales en todo el continente, por lo tanto se debe mejorar el desempeño en componentes claves de la gestión de riesgos: gobernabilidad, protección financiera, identificación de riesgo, reducción de riesgo, y manejo de desastre, partiendo del fortalecimiento de las instituciones, comunidades y organizaciones que fundamentalmente sufren los impactos de estos desastres y que las inversiones que se hagan en la gestión del riesgo se evalúen en función de eficiencia y de acuerdo a la política presupuestaria del estado, en lo posible medida por productos que puedan ser evaluados por indicadores que correspondan al contexto regional y local. (Chávez J, 2010).

El 18 de Febrero de 1956, ocurrió un sismo de gran magnitud en el Callejón de Huaylas, afectando a los distritos y caseríos de Amascha, Shilla, Llipa y Hualcán. En

En el Mapa de calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos, la provincia de Carhuaz, se encuentra en la zona de peligro muy alto (Ver figura 2).



Los peruanos tenemos que reconocer que estamos parados sobre un territorio sísmico y volcánico. Cada generación tiene la probabilidad de enfrentar durante su vida la ocurrencia de cinco terremotos de fuerte intensidad y por lo tanto tenemos que ubicar y construir las ciudades en los lugares apropiados y con los diseños, métodos constructivos y materiales antisísmicos adecuados. Así, no tendremos que lamentar las terribles consecuencias de estos fenómenos naturales (Kuroiwa, 2002)

El terremoto del 31 de mayo de 1970 ocurrido en Ancash, Perú, con una magnitud de 7.8, paso a la historia como el evento más mortífero ocurrido en las Américas, durante el siglo XX, más de 67 mil víctimas fue el resultado de esta tragedia.

Está comprobado que el silencio sísmico en zonas expuestas a fenómenos naturales intensos de origen geológico, si bien no permite predecir el lugar exacto donde ocurrirá un terremoto y mucho menos la fecha, si posibilita asegurar en que macroregión sísmica, tarde o temprano, ocurrirá una poderosa descarga de energía acumulada, que producirá un sismo de gran magnitud, (Kuroiwa, 2010).

En el análisis del Compendio Estadístico, documento elaborado por el Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI, se desprende, que las emergencias y daños acumulados a nivel nacional alcanzaron el número de 37 772 entre los años 1995 al 2010, (Ver cuadro 1 y figura 3) y que la cantidad de damnificados en este lapso alcanzo la cifra de 2 850 245, *destacando los daños personales y materiales por sismos, lluvias intensas, vientos fuertes, heladas, colapso de construcciones y deslizamientos (Chávez J, 2010).*

Cuadro 1: Emergencias y daños acumulados a nivel nacional periodo 1995 - 2010

Emergencias y daños acumulados a nivel nacional													
Periodo 1995 - 2010													
Fenómeno	Emergencia	DAÑOS PERSONALES				DAÑOS MATERIALES							
		Dañificados	Afectados	Heridos	Fallec.	Viviendas		Centros educativos		Establecimientos de salud		Hos. Cultivo	
						Destruídas	Afectadas	Destruídos	Afectados	Destruídos	Afectados	Perdidas	Afectadas
TOTAL	37,772	2,850,245	7,682,652	20,766	4,281	278,571	823,438	488	3,721	88	643	601,388	729,099
Activ. Volcánica	16	39	7,404			64							1,343
Anud	13	352	127		22	49	12					117	
Aluvión	72	12,954	13,244	18	55	892	1,120	3	3	1	1	714	708
Colapso construcción	1,563	11,788	12,628	425	85	2,440	1,876	5	14	1	5	24	547
Contaminación agua	16	324	87,461	12	3	1	40						
Crecidario	279	9,662	27,786	10	75	2,085	3,338	3	36	1	7	1,358	10,629
Derribe de cerro	619	4,247	52,535	87	58	706	690	5	10	2	2	80	11,038
Deslizamiento	1,198	43,574	152,038	187	369	5,098	8,276	11	115	3	17	6,619	6,000
Epidemia	67	6,846	5,685	1,036	38		88						
Explosión	47	246	4,586	225	75	40	722		28		1		
Granizada	678	25,945	461,185	3	10	1,048	7,663	3	47		11	14,019	18,134
Hielada	2,587	86,751	2,005,647	1,217	480	170	16,117		57		36	54,681	125,154
Huayco	824	88,769	219,117	474	305	10,082	16,184	1	46	1	6	68,281	1,826
Incendio Forestal	302	5,351	6,601	68	16	402	674					46,158	4,672
Incendio Urbano	11,970	90,117	21,459	1,246	680	16,366	4,670	33	32		1	37	996
Inundación	3,673	1,127,575	769,146	771	346	80,945	341,579	50	747	12	179	302,530	78,144
Lluvia intensa	5,624	209,405	1,488,074	501	200	26,033	233,489	162	1,457	41	262	14,422	52,331
Marjada (Maretazo)	50	2,651	14,439	62	16	67	683		1			105	
Niebla	583	198,928	210,724	6,478	85	537	34,720	1	84			27,699	41,624
Plaga	7	290	359,517										810
Sequía	578	42,857	1,205,217				2,754					53,357	312,917
Sismo	873	762,505	271,400	6,763	632	122,263	103,615	143	582	19	78	1,800	1
Tormenta Eléctrica	157	2,999	1,362	58	56	266	1,938	1	31		1	586	6,485
Viento Fuerte	5,383	96,347	167,543	194	26	6,922	38,747	62	472	3	32	8,195	4,999
Otro 1/	543	20,353	117,927	931	709	2,095	4,463	5	29	4	4	646	706

Otro 1/: Incluye erosión, afloramiento de aguas subterráneas, acc. tránsito, hundimiento, etc.

Fuente. J. Chávez, 2012.

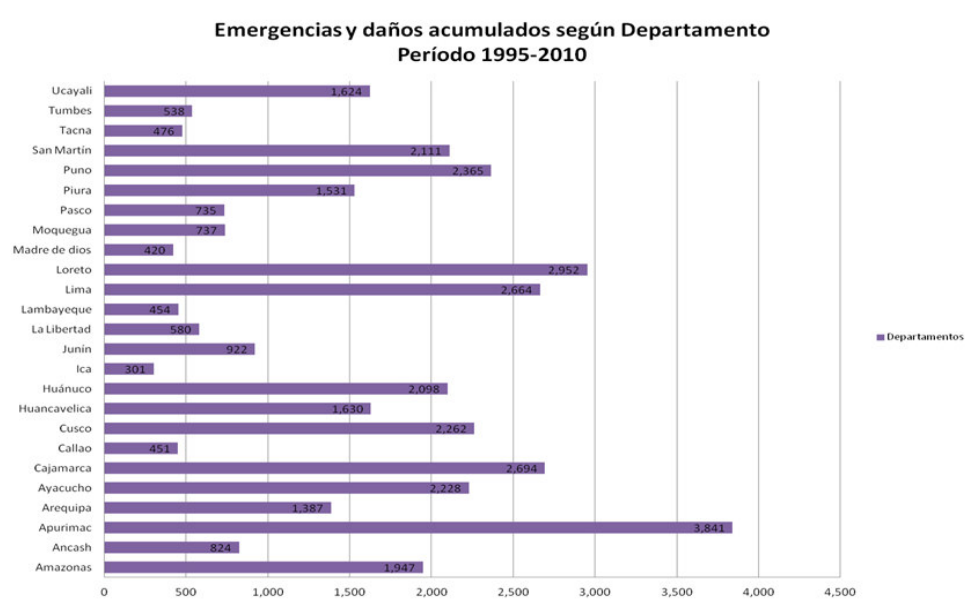


Figura 3: Emergencias y daños acumulados según departamentos. Periodo 1995 - 2010

Fuente. J. Chávez, 2012.

Después de los últimos desastres, numerosas naciones han prometido hacer especulaciones para asegurar la población y los ejercicios financieros antes de posibles calamidades futuras. Esta metodología proactiva aboga por un ajuste en el trabajo de los gobiernos en la gestión, pasando de prepararse para la reacción y recuperación a causa de las crisis (estrategia actual, que no impide la expansión de pérdidas por desastres) para avanzar en la disminución de peligros y un Enfoque de administración que fomenta y respalda los ejercicios de una amplia distribución de actores locales públicos o privados, para disminuir la debilidad como una pieza esencial del procedimiento de mejora (Clark y Keipi 2000).

Conocer las características del sismo que presumiblemente pueda afectar a una estructura, dependerá de la historia sísmica de cada región. Por tanto, el parámetro intensidad sísmica aún es primordial al momento de realizar cualquier investigación que permita conocer el riesgo sísmico de una determinada región y/o ciudad. En este contexto, la información sobre este parámetro resulta relevante para aquellos años en los cuales, en muchos países, no existían redes sísmicas. Esta necesidad, llevo a muchos investigadores a orientar sus esfuerzos a la recopilación de información o datos macrosísmicos de interés para la sismología a fin de evaluar la intensidad de los sismos históricos, sobre todo si dicho parámetro permite estimar la severidad del sacudimiento del suelo en el lugar afectado por el sismo.

Según la data histórica registrada en los mapas de isosistas elaborados por el IGP, en el departamento de Ancash han ocurrido sismos desde el año 1586, predominando la escala de intensidades entre IV a VIII en la escala de Mercalli modificada. (IGP, 2016).

Debido al evento ocurrido el 11 de abril del 2010, por el desembalse de la laguna 513, ubicada en la cuenca alta de la Subcuenca Chucchun, se realizó el mapeo y modelamiento de amenazas y otros estudios. En los estudios se consideran que un posible desastre no solo está condicionado por la ocurrencia de un aluvión, éste se asocia a las condiciones de vulnerabilidad existentes principalmente relacionada a la

vulnerabilidad de los factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Los factores físicos se relacionan con el diseño, tipo, calidad de construcción y ubicación entre otros de las viviendas. (Proyecto Glaciares, 2013).

En este contexto, considerando que el peligro sismo es constante y que de ocurrir puede causar graves desastres, el estudio de la vulnerabilidad estructural de las viviendas expuestas en el área de influencia ante riesgo sísmico en el ámbito de la subcuenca Chucchun contribuye con la gestión del riesgo de desastres y permite proteger la vida y bienes materiales de las personas, aspectos del desarrollo sostenible.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. General

¿Cuál es la influencia de la vulnerabilidad estructural de las viviendas en los niveles de riesgo sísmico en la subcuenca Chucchun?

1.2.2. Específicos

- ¿En qué medida influyen las características del territorio en el riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun?
- ¿En qué medida influyen las características de las variables e indicadores en la vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun?
- ¿En qué medida los índices de vulnerabilidad estructural influyen en los niveles de riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun?

1.3 Justificación teórica

En la investigación, tal como señala, Julio Kuroiwa, se debe estimar el grado de vulnerabilidad de las construcciones de la localidad, frente a las probables amenazas

naturales: huaycos, deslizamientos, sismos, las casas de adobe son vulnerables y podrían causar víctimas si un terremoto intenso ocurriera, (Kuroiwa, 2010).

El Marco de Acción de Hyogo (2005 -2015), la Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas, entre otros, consideran que se puede reducir considerablemente las pérdidas y el impacto de los mismos, si las autoridades y la población se encuentran preparadas para desarrollar acciones que conlleven a reducir el riesgo de desastres. (EIRD, 2005).

Al referirse al estudio de vulnerabilidad como factor preponderante en el desarrollo de análisis del riesgo. Comprender las condiciones de vulnerabilidad que quebrantan en la sensibilidad de infraestructura de los asentamientos humanos relativos a sus sistemas, físico estructurales de edificaciones y redes vitales es una acción prioritaria a establecer para realizar toma de decisiones internamente de las sobrias de disminución del peligro (SGNR, 2011).

Gestionar el riesgo implica muchas acciones, como medirlo, evaluarlo, reducirlo y establecer estimativamente las probables consecuencias que la manifestación real de la amenaza, genera sobre los sistemas sociales, económicos y ambientales. (Chávez, J, 2010).

Gestionar el riesgo, ante fenómenos naturales, significa generar un sistema de indicadores claros, que representen realmente los escenarios probables y que tengan la solidez de que van a medir lo que realmente debe medirse y que además sean lo suficientemente sencillos para que puedan aplicarse con periodicidad y que permitan la interdependencia sectorial, en busca de la eficiencia administrativa y económica que resuelva progresivamente las consecuencias de la manifestación de las amenazas en una área determinada, caracterizada similarmente y expuesta a un fenómeno natural potencialmente dañino. (Chávez, J, 2010).

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma G.020, tiene como

principio en su artículo 1, inciso b) Describe que la calidad de vida, es lograr un espacio urbano sostenible en el tiempo, además de ser capaz de brindar a la población de la ciudad espacio que cumplan con las condiciones que permita desarrollar con igualdad en el pleno físico y en el espíritu.

1.4 Justificación práctica

Se sustenta en el conocimiento que las condiciones de vulnerabilidad de las edificaciones, como son el tipo de material de construcción, como es el adobe, el mayor número de niveles y la localización de viviendas en suelos de mala calidad, entre otros incrementan la vulnerabilidad estructural de las viviendas y como consecuencia aumenta el riesgo.

En la subcuenca Chucchun, la vulnerabilidad estructural de las viviendas expone a toda la población que habita en la subcuenca, entre las más pobladas se encuentran, las localidades de Carhuaz y Acopampa ubicadas en la parte baja, luego siguen en orden de cantidad de población las localidades de Hualcan, Huantay, Barrio Nuevo, Cochac, Yanacoto, Tucshu, Capilla Pachán, Mashuan y Baños La Merced, ubicadas en la parte media y la localidad con menor población, La Soledad, ubicada en la parte alta de la subcuenca Chucchun, las cuales están expuestas a padecer desastres por las condiciones de vulnerabilidad de sus viviendas, que asociada al largo silencio sísmico existente, conlleva a una situación de desastres, que podría generar pérdida de vidas humanas, destrucción de sus bienes materiales, alteración de su desarrollo económico social, en este contexto, la reducción del riesgo de desastres es imprescindible a través de una propuesta para la reducción de la vulnerabilidad estructural de las viviendas.

En este marco, la presente Investigación se realizó para determinar los niveles de vulnerabilidad estructural de las viviendas, a través de la evaluación de las características de las viviendas que influyen en el riesgo sísmico en la subcuenca Chucchun y permitirá al Gobierno Local de la Provincia de Carhuaz, contar con un instrumento de gestión territorial para implementar medidas de reducción de riesgos

en logro del desarrollo sustentable de su población, en concordancia a lo establecido en la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - SINAGERD, Ley N° 29664, publicada el 18 de febrero del año 2011, a la Política de Estado N° 32 Gestión del Riesgo de Desastres del Acuerdo Nacional; a las Metas de Prevención del Riesgo de Desastres del Programa de Modernización Municipal y el Programa de Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres (PREVAED) que promueve el Ministerio de Economía y Finanzas, entre otros, contribuyendo así con la mejora de la calidad de vida de los pobladores de las localidades de la Subcuenca Chucchun.

1.5 Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun – Provincia de Carhuaz - Ancash 2012.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar las características del territorio que influyen en el riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun.
- Determinar las características de las variables e indicadores que influyen en la vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun.
- Determinar los índices de vulnerabilidad estructural que influyen en los niveles de riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco epistemológico de la investigación

La ocurrencia de terremotos en el Perú ha permitido identificar y delimitar a las dos fuentes de mayor potencial sísmico, la superficie de fricción existente entre las placas oceánica y continental, y la presencia de fallas geológicas en el interior del continente. La primera fuente se encuentra frente a la línea de costa y tiene su origen en la convergencia de las placas de Nazca (oceánica) y Sudamericana (continental), permitiendo que la primera, más densa, se introduzca por debajo de la segunda dando origen al proceso conocido como subducción. Esto significa que, en algún momento en el tiempo, cualquier departamento desde Tumbes hasta Tacna será afectado en diferente grado por un terremoto con origen en este proceso. La historia sísmica permite traer a la memoria los terremotos de 1619, 1746, 1868, 1940, 1942, 1966, 1970, 1974, 1996 entre los que produjeron mayor daño, destrucción y muerte a lo largo de la costa de Perú. La segunda fuente sismogénica está relacionada con los más importantes sistemas de fallas distribuidas en el interior del continente, siendo las más conocidas las fallas de la Cordillera Blanca, Quiches, Moyobamba, Rioja, Satipo, Huaytapallana, Ayacucho, Tambomachay, Ichupampa y Huambo-Cabanaconde entre las principales. La ubicación geográfica de estas fallas sugiere que las ciudades y localidades que pueden ser mayormente afectadas por los terremotos con origen en su proceso de deformación y evolución de la Cordillera de los Andes (IGP, 2008).

El Perú, entre las cuatro naciones que conforman la CAN, es el país más vulnerable a desastres ocasionados por fenómenos naturales de origen geológico (terremotos), hidrometeorológico (inundaciones, huaicos y aludes), entre otros. Vulnerabilidad que se asocia a condiciones físicas, económicas, sociales y ambientales, principalmente. Al investigar sobre las condiciones de vulnerabilidad física, es necesario considerar que, en los departamentos de la sierra, principalmente en las zonas rurales, la mayor parte de las viviendas son construidas con adobe, sin asistencia técnica y sin considerar los requisitos establecidos en las normas vigentes (CAN, 2009).

La ocurrencia de peligros naturales y antrópicos han estado asociados a la historia de la humanidad, causando desastres con impactos y efectos a la población y sus bienes. La vulnerabilidad del Perú ante desastres es significativa, según estudios recientes, el país está identificado como uno de los países con mayor vulnerabilidad frente a múltiples amenazas naturales en todo el continente; un factor preponderante se enmarca en la ubicación de nuestro país, en el cinturón de fuego del Pacífico, factor que determina a una gran exposición a afrontar terremotos de gran magnitud (BID, 2010).

Los niveles del riesgo no solo dependen de los sismos, sino de los niveles de vulnerabilidad de los centros urbanos y/o rurales; por ejemplo, su localización; en zonas con suelo de mala calidad, así como el tipo de infraestructura de material precario o noble utilizado como vivienda (fragilidad), y la capacidad de la población para organizarse, asimilar y/o recuperarse ante el impacto de un sismo (CENEPRED, 2017).

La vulnerabilidad está íntimamente ligada a los procesos sociales que se desarrollan en las áreas propensas y usualmente tiene que ver con la fragilidad, la susceptibilidad o la falta de resiliencia de la población ante amenazas de diferente índole. En otras palabras, los desastres son eventos socio-ambientales cuya materialización es el resultado de la construcción social del riesgo. Por lo tanto, su reducción debe hacer parte de los procesos de toma de decisiones, no sólo en el caso

de reconstrucción post desastre, sino también en la formulación de políticas públicas y la planificación del desarrollo (BID, 2010).

Todos los centros urbanos están expuestos a un riesgo sísmico potencial cuyo conocimiento es determinante para definir estrategias de atención adecuadas a la emergencia planteada, el conocimiento de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones esenciales juega un papel preponderante. Para edificaciones convencionales donde la filosofía de diseño sísmico tiene como objetivo fundamental, prevenir la pérdida de vidas humanas asociada al colapso de las edificaciones, la evaluación de la vulnerabilidad estructural se considera determinante y gobierna la toma de decisiones (Salvador, 2003)

El estudio de vulnerabilidad es un factor preponderante en el análisis de riesgos. Conocer sus variables e indicadores permite la comprensión de los escenarios de riesgos (en este caso de origen natural), que muchas veces pueden presentar incluso amenazas de baja intensidad o de distintas características (Caiminagua y Nato, 2012).

2.2. Antecedentes de investigación

Maldonado, en su estudio, propone una metodología que consiste en utilizar un índice de vulnerabilidad y relacionarlo con un índice de daño en función de un evento sísmico determinado. El desarrollo de las capacidades requeridas para tener un ejemplo expansivo de estructuras, para las cuales se utilizaron sistemas de simulación que permitieron tener 6000 estructuras teóricas. Cada una de las estructuras teóricas se determinó en su archivo de impotencia y en su archivo de daños para varias velocidades cada vez mayores de 0.05 a 0.25 g, y con ellas se construyeron marcos de debilidad y daños sísmicos para cada una de estas apreciaciones cada vez más rápidas. En esta línea, las capacidades y redes de probabilidad de daño permiten conocer el daño que pueden hacer las estructuras de mano de obra para una ocasión

de una estimación específica de la aceleración más extrema que depende de un indicador de su indefensión (Maldonado, 2008).

En el estudio de resistencia y vulnerabilidad sísmicas de viviendas de bajo costo estructuradas con ferrocemento, presentada por Bedoya, llevó a cabo una campaña de ensayos para evaluar su comportamiento sísmico, estimar los parámetros estructurales de los paneles prefabricados. En ese punto, hizo una investigación de su fragilidad. Por esta razón, se investigaron 146 casas prefabricadas amuralladas delgadamente basadas en la elaboración de cemento ubicada en regiones donde el peligro sísmico se encuentra entre la mitad de la carretera y el alta. En consecuencia, se caracterizó un modelo de alojamiento promedio y se actualizó una técnica probabilística que considera, normalmente, las vulnerabilidades en la actividad sísmica, en las cualidades del material y en los parámetros auxiliares de las moradas. La reproducción monstruosa de la conducta única no lineal del tipo permaneció permitida, evaluando las curvas de delicadeza y las redes de probabilidad de daño. Según lo indicado por las consecuencias del presente examen, las rupturas primarias en las casas se presentan para una deriva estimado de 0.12%, mientras que el daño moderado, caracterizado por fallas en el trabajo y el mortero, aparece para un flotante de 0.8%. A grandes rasgos, estos flotadores se comparan con montones de 15 y 37 kN, individualmente. El modo de decepción de la marca registrada en las casas prefabricadas de ferrocemento comprendía la disposición de un instrumento de ruptura con juntas de plástico alrededor de las regiones de asociación de estructuras y establecimiento de techos, fundamentalmente en las asociaciones de techos, lo que creaba inseguridad en la residencia.

En la investigación: La vulnerabilidad y el riesgo de alojamiento para el bienestar humano desde un punto de vista holístico, representa la razón calculada para la estimación global del peligro de alojamiento dudoso urbano-marginal para la solidez de sus habitantes depende de los elementos y perfiles sociodemográficos de todo el mundo enfoque de impotencia. Inicialmente, se realiza una auditoría sobre la importancia del alojamiento en el bienestar, los estándares de seguridad de las viviendas y los indicadores de condiciones de viviendas insalubres.

En ese momento, se habla de los significados fundamentales de satisfacción personal, alojamiento, bienestar y riesgo, que se limitan a la discusión sobre mejoras sostenibles. A partir de estas afirmaciones, se impulsa en la metodología para la prueba reconocible y la evaluación de peligros para los impactos de los ejecutivos, a partir de una metodología que abarca todos los avances en la investigación de la conexión entre el bienestar y la tierra desde el impacto de la razón y desde la medición, parte de la presentación del individuo depende de la medida del peligro ecológico consumido por el cuerpo (Rojas, 2004).

Según la investigación: Método avanzado para la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico. Aplicación a la ciudad de Barcelona, presentada por Roca, en Barcelona hay alrededor de 700,000 hogares dispersos en 70,000 estructuras, con un promedio de 2.2 ocupantes por estancia. 97% de las estructuras de piedra (M) y cemento reforzado (RC). Después de retratar las tipologías auxiliares fundamentales de la ciudad, la impotencia se evaluó utilizando los enfoques propuestos por la empresa RISK-EU.

En el uso de esta técnica, los archivos de vulnerabilidad se asignaron a las estructuras individuales pensando en los modificadores de la conducta del edificio, que se basan en la cantidad de pisos del edificio, su normalidad en planta y en altura, la longitud de la fachada y la condición de preservación, y modificadores de la posición general del trabajo dentro del total. El archivo normal de impotencia adquirido para las estructuras de ladrillos fue de 0.87, mientras que para las estructuras sólidas reforzadas fue de 0.65.

Las estructuras de hormigón reforzadas muestran una ejecución sísmica preferible sobre las estructuras de trabajo de ladrillo. Por ejemplo, debido a un movimiento espantoso de 4 cm, la probabilidad de un estado de daño total es aproximadamente el 30% para estructuras sólidas reforzadas, mientras que es más del 60% para las estructuras de ladrillos. Afortunadamente, Barcelona está situada en una zona de bajo riesgo sísmico, pero estas fallas muestran de manera inequívoca que sus estructuras

de los jóvenes son excepcionalmente impotentes y, por lo tanto, la posibilidad de daño debido a un terremoto no extremadamente grave es notable (Roca 2006).

Según, John Douglas (2007). *Natural Hazards and Earth System Science* 7, (2007) 283-288 EEUU, en “Physical vulnerability modelling in natural hazard risk assessment”. Menciona que la evaluación del riesgo a un elemento expuesto a un evento peligroso requiere una consideración de la vulnerabilidad del elemento, que expresa su propensión a sufrir daños. Este concepto permite que el nivel evaluado de riesgo que se traduce en un nivel estimado de riesgo y a menudo se utiliza para evaluar el riesgo de terremotos y ciclones. Sin embargo, para otros peligros naturales, tales como movimientos de masas, la erosión costera y los volcanes, la incorporación de la vulnerabilidad en la evaluación de riesgos no está bien establecido y estimaciones tanto cuantitativas de riesgo no se hace a menudo. Esto dificulta el estudio de la contribución relativa de los diferentes riesgos para el riesgo general en un sitio. Vulnerabilidad física no está bien modelada por muchas razones: la causa de la pérdida de vidas humanas (del evento en sí y no por daños del edificio), la falta de datos de observación sobre el peligro, los elementos en riesgo y el daño inducido, la complejidad de los mecanismos de daño estructural, las escalas temporales y geográficas, y la capacidad de modificar el nivel de peligro. Muchas de estas causas están relacionadas con la naturaleza del peligro tanto para algunos riesgos, como la erosión costera, teniendo en cuenta los beneficios de la vulnerabilidad física de un elemento pueden ser limitados. Sin embargo, los peligros como los volcanes y movimientos de masas el modelado de la vulnerabilidad debe ser mejorada, por ejemplo, a raíz de los esfuerzos realizados en la evaluación del riesgo sísmico. (J. Douglas, 2007).

Moromi, en la Tesis “Gestión del riesgo: metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe a nivel local”, Aplicación a la ciudad de Barcelona hay alrededor de 700,000 hogares dispersos en 70,000 estructuras, con un promedio de 2.2 ocupantes por estancia. 97% de las estructuras de piedra (M) y cemento reforzado (RC). Después de retratar las tipologías auxiliares

fundamentales de la ciudad, la impotencia se evaluó utilizando los enfoques propuestos por la empresa RISK-EU. Moromi, en la postulación "Peligro del tablero: filosofía para la evaluación de la indefensión sísmica de las estructuras de adobe a nivel de vecindario", propone una estrategia para la evaluación de la debilidad de las estructuras de adobe, en vista de la prueba reconocible de los atributos dimensionales y de Fortificación de los divisores. Determinó los esfuerzos creados en un modelo que funciona con temblores sísmicos según el E080 actual, estableciendo las densidades de base requeridas para alojamiento y estructuras abiertas sin soporte y con varios tipos de fortificación, según lo indicado por los esfuerzos permitidos caracterizados. Con estos resultados, se construyó una técnica sencilla para examinar la debilidad de las estructuras de adobe, decidiendo los elementos del edificio, el tipo de mortero y soporte, y calculando las conexiones dimensionales de los divisores como lo indica la presente Norma y las densidades de Divisores que se contrastan y los elementos esenciales de configuración (Moromi, 2012).

Para la determinación del nivel de vulnerabilidad sísmica de las casas trabajadas con mano de obra de adobe en la villa de Hornuyoc, se utilizó la técnica italiana creada por Benedetti y Petrini (1982), donde se adquirió la indefensión de la evaluación y ponderación de once parámetros en cuatro clases, que se extienden de buenas a horribles condiciones individualmente, lo que permite la tarea de la estimación numérica K_i , que cambia en un rango entre 0 y 45. El examen deduce que en el pueblo de Hornuyoc, las residencias de adobe son totalmente impotentes ante el inevitable evento de una Sismo, (Tinoco, 2014).

El INGEMMET, en su estudio "Riesgos Geológicos en las Regiones Ancash, Huánuco y Ucayali", menciona que la región Ancash posee un alto índice de ocurrencia de eventos desastrosos (movimientos en masa detonados por sismos y lluvias) y que los distritos de Carhuaz y Acompampa presentan el riesgo geodinámico sismo, prioridad 1 y recomienda mejorar el aspecto constructivo. Concluye que la probabilidad de ocurrencia de un sismo de cierta magnitud, como el que sucedió el 31 de mayo de 1970, cuyo epicentro está ubicado en la fuente

sismogenica F-2, tiene una probabilidad del 94% que ocurra en un intervalo de tiempo de 50 años (INGEMMET, 1989)

2.3. Bases teóricas

La vulnerabilidad tiene una significación particular dependiendo del contexto en el que se use. En relación a la temática medioambiental, las principales aplicaciones del concepto de vulnerabilidad, aparecen enlazada fundamentalmente a la ocurrencia de desastres naturales (Javier, 2001).

Para el BID (2010) define a la vulnerabilidad como una condición susceptible a shocks externos que pueden amenazar la vida humana y los sistemas de vida, además de los recursos naturales, las propiedades e infraestructura, productividad económica y prosperidad de una región.

La investigación relacionada vulnerabilidad se considera como un factor preponderante durante el análisis de riesgos. Definir las variables e indicadores encaminan a la comprensión de los escenarios que presentan riesgos, que en muchas ocasiones se evidencian como una baja intensidad de amenaza o de diferentes características (Caiminagua y Nato, 2012).

Los científicos estudian diversas características de los sismos: la dimensión (magnitud), la profundidad del foco (superficial o intermedio) y su cercanía a la ciudad más cercana, para evaluar su impacto. Para cuantificar o estimar el tamaño de un terremoto se utilizan las escalas de magnitud – medida cuantitativa e intenso - medida cualitativa. (INGEMMET, 2009).

Las escalas de magnitud miden la suma de energía que durante un terremoto se libera y se obtienen de forma numérica a partir del registro en los sismógrafos. La escala más frecuente para tal fin es la de Richter. Las escalas de intensidad miden el daño o efectos causados al hombre y a la infraestructura en un determinado lugar. La escala Mercalli Modificada es la de uso más frecuente, (INGEMMET, 2009).

Un terremoto en sí no es destructivo, dependerá, de los factores que norman su potencial, estos son: Tipo de suelo sobre el cual se edifican las ciudades y las edificaciones, tipo de construcción, normas de esparcimiento urbana, antigüedad de las edificaciones y señalización de seguridad en las domicilios y construcciones (INGEMMET, 2009).

Estimar la vulnerabilidad es uno de los procesos de la gestión del riesgo de desastres, ésta se basa en la investigación científica y orienta acciones, estrategias y acciones y de la sociedad con la finalidad de proteger la vida de la población y de sus bienes. (Ley del SINAGERD, 2011).

2.3.1. Peligro:

Probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos. (CENEPRED, 2014)

2.3.2. Peligro Sísmico

Es una medida, una probabilidad que muestra que puede producirse un terremoto concebible donde se crea una aceleración equivalente o más notable (excede) con una dimensión específica del poder sísmico. Cornell (1968) propuso una estrategia para llevar a cabo la investigación de riesgo sísmico probabilístico. Con el objetivo de conocer las velocidades de aumento más extremas mostradas por un temblor que podría ocurrir más tarde en la zona de Lima, se resolvió evaluar la amenaza sísmica de dicho territorio con la ayuda del Catálogo Sísmico del IGP de su base de datos (INGEMMET, 2015).

2.3.3. Riesgo de desastre:

Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro.

2.3.4. Riesgo sísmico

La definición de riesgo sísmico se identifica constantemente con la expectativa de desgracias futuras y está personalmente relacionada con la investigación psicológica individual o agregada, razón por la cual es claramente difícil dar objetividad. En consecuencia, la evaluación de peligros es tan compleja, a pesar de que se trata solo de su medida física. En el punto en que, además, a esta medida se agregan las personas identificadas con la situación única, perspectivas que son completamente importantes para alentar a la junta directiva, el problema se vuelve significativamente sobresaliente. Asimismo, es totalmente esencial que el peligro esté constantemente conectado con la elección, con la ejecución de una actividad que debe realizarse. Dado que los efectos posteriores de cada actividad práctica son cuestionables, es fundamental considerar las vulnerabilidades en el examen de los marcos físicos para elegir si un modelo es adecuado para abordar el problema (Cardona 1999).

2.3.5. Vulnerabilidad:

Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. La vulnerabilidad puede ser explicada por tres factores: Exposición, Fragilidad y Resiliencia. Se expresa en términos de 0 a 1.

2.3.6. Vulnerabilidad estructural

Dentro de la definición de vulnerabilidad estructural se hace referencia a la susceptibilidad que se manifiesta en las estructuras frente a secuelas de daños en partes de edificaciones que presenten un intenso sismo. Además decir que incorpora a cimientos, columnas, muros, vigas y losas (Aguilar, 2016).

Para su análisis, la vulnerabilidad debe promover la identificación y caracterización de los elementos que se encuentran expuestos, en una determinada área geográfica y a los efectos desfavorables de un peligro adverso. La vulnerabilidad física está vinculada a la calidad o tipo de material empleado y el tipo de cimentación de los domicilios o edificios, para asimilar los efectos del peligro. Al referirse a la calidad o tipo de material se garantiza con la realización de un estudio de suelo, luego se realiza el diseño del proyecto y se toma en cuenta la mano de obra especializada para ejecutar una obra, como la selección de calidad del material a emplear en una construcción como ladrillo, bloques de concreto, cemento y fierro, entre otros (INDECI, 2006).

La vulnerabilidad de los temblores es una propiedad innata de la estructura, una conducta normal para su propio comportamiento a pesar de la actividad de un temblor sísmico representado a través de una ley de impacto de razón, donde la causa es el terremoto y el impacto es el daño. Una estructura puede ser impotente pero no estar en peligro, excepto si se encuentra en un lugar con un peligro sísmico específico. De esta manera, se puede decir muy bien que la indefensión sísmica de una estructura es el límite de sus componentes auxiliares para resistir un temblor (Giraldo y Méndez, 2006).

El significado de la naturaleza y el alcance de una investigación de la debilidad sísmica deben adaptarse al tipo de daño que se propone evaluar y la dimensión del peligro existente. La falta de sinceridad o daño se basa en la actividad sísmica, las cualidades ecológicas del sitio y el límite sismorresistente de la estructura, con el objetivo de que la evaluación de la indefensión sísmica esté esencialmente relacionada con la manera en que se caracterizan la actividad y el daño sísmico.

Para esta investigación es crucial decidir el compromiso con la vulnerabilidad producida por cada uno de los componentes auxiliares del trabajo, a fin de lograr la garantía de la dimensión de indefensión de la casa en perspectiva sobre los peligros diseccionados (SNGR, 2011). Cada componente básico de la propiedad está

calificado. Se prepara una tabla en la que se detallan las cualidades asignadas a los marcadores que dependen del tipo de peligro. Esto se debe a que, dependiendo del peligro, la conducta física de las estructuras puede cambiar. La menor vulnerabilidad se califica con menor puntaje (más recientes) y la mayor vulnerabilidad con mayor puntaje (menos resistente). Las variables tienen una ponderación en relación con el peligro que se está evaluando.

Se procede a calificar cada vivienda en función de la cantidad de puntos obtenidos, asignándole un nivel de vulnerabilidad, que va desde un nivel de vulnerabilidad bajo, medio y alto.

Fuente: Elaboración propia

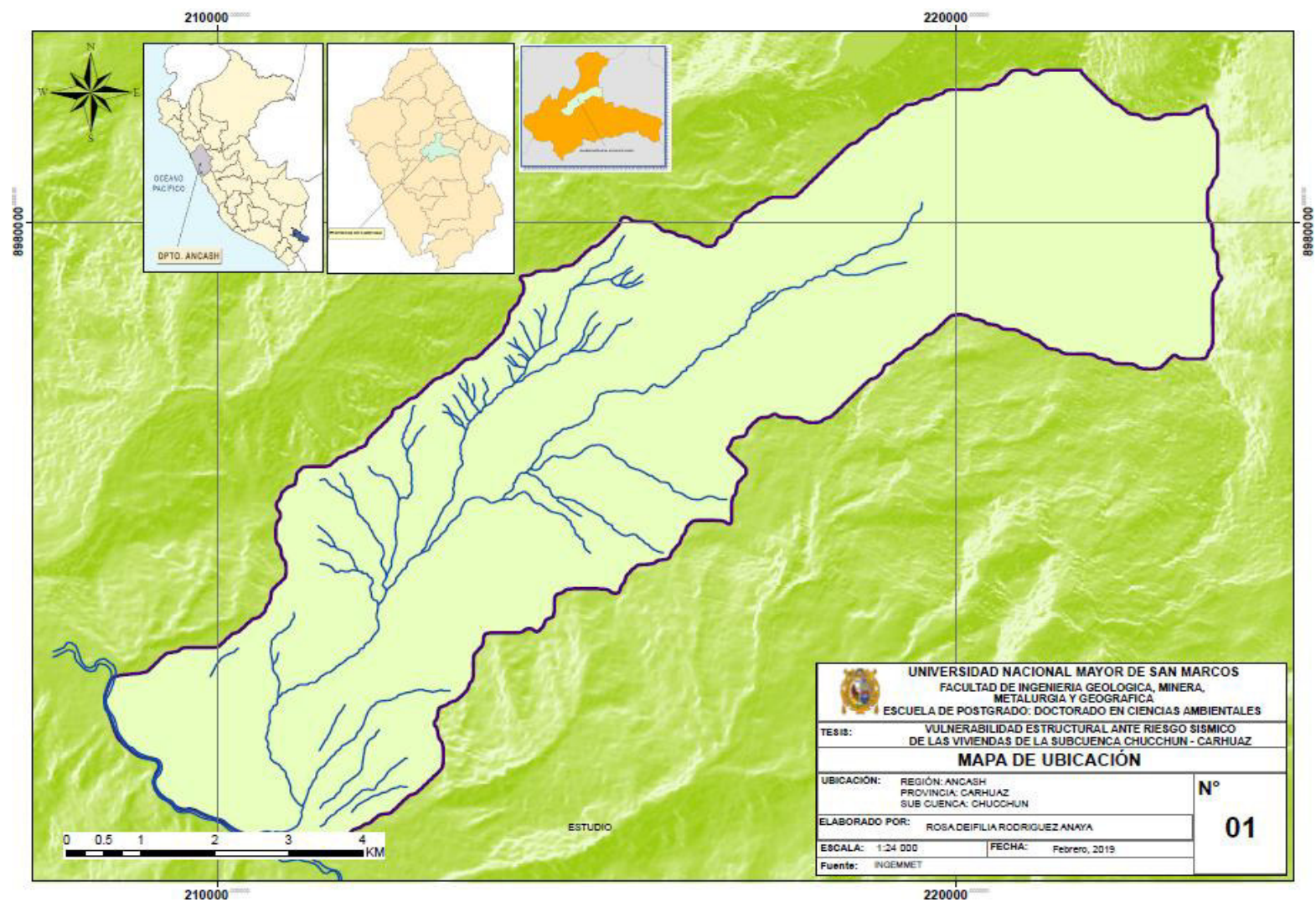


Figura 5: Mapa de Ubicación de la Subcuenca Chucchun

Fuente: Elaboración propia

3.2. Ubicación de viviendas en la Subcuenca Chucchun

Con base en los datos censales de zonas involucrados en el estudio, se estima que la Subcuenca Chucchun cuenta aproximadamente con un total de 11 456 habitantes y 3 217 viviendas que constituyen la población objeto de estudio como se detalla en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Relación de localidades ubicadas en la zona de estudio

Subcuenca	LOCALIDADES	CATEGORÍA TERRITORIAL	CANTIDAD	
			<i>población</i>	<i>Viviendas</i>
Baja	Carhuaz	Ciudad	6573	2058
	Acopampa	Distrito	2630	545
Media	Hualcán	Centro poblado	588	150
	Huantay	Anexo	294	71
	Barrio Nuevo	Barrio C	216	71
	Cochac	Barrio E	148	50
	Yanacoto	Barrio F	74	31
	Tucshu	Barrio G	126	30
	Capilla Pachán	Barrio D	80	22
	Mashuan	Barrio B	137	44
	Baños la Merced	Caserío A	142	30
ALTA	Soledad	Caserío	448	115
TOTAL			11456	3217

FUENTE: *Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda*
Elaboración propia.

La distribución de las viviendas en la parte baja corresponden a las localidades de Carhuaz y Acopampa, en la parte media las localidades de Hualcán, Huantay, Barrio Nuevo, Cochac, Yanacoto, Tucshu, Capilla Pachán, Mashuan y Baños la Merced; y en la parte alta la localidad de Soledad.

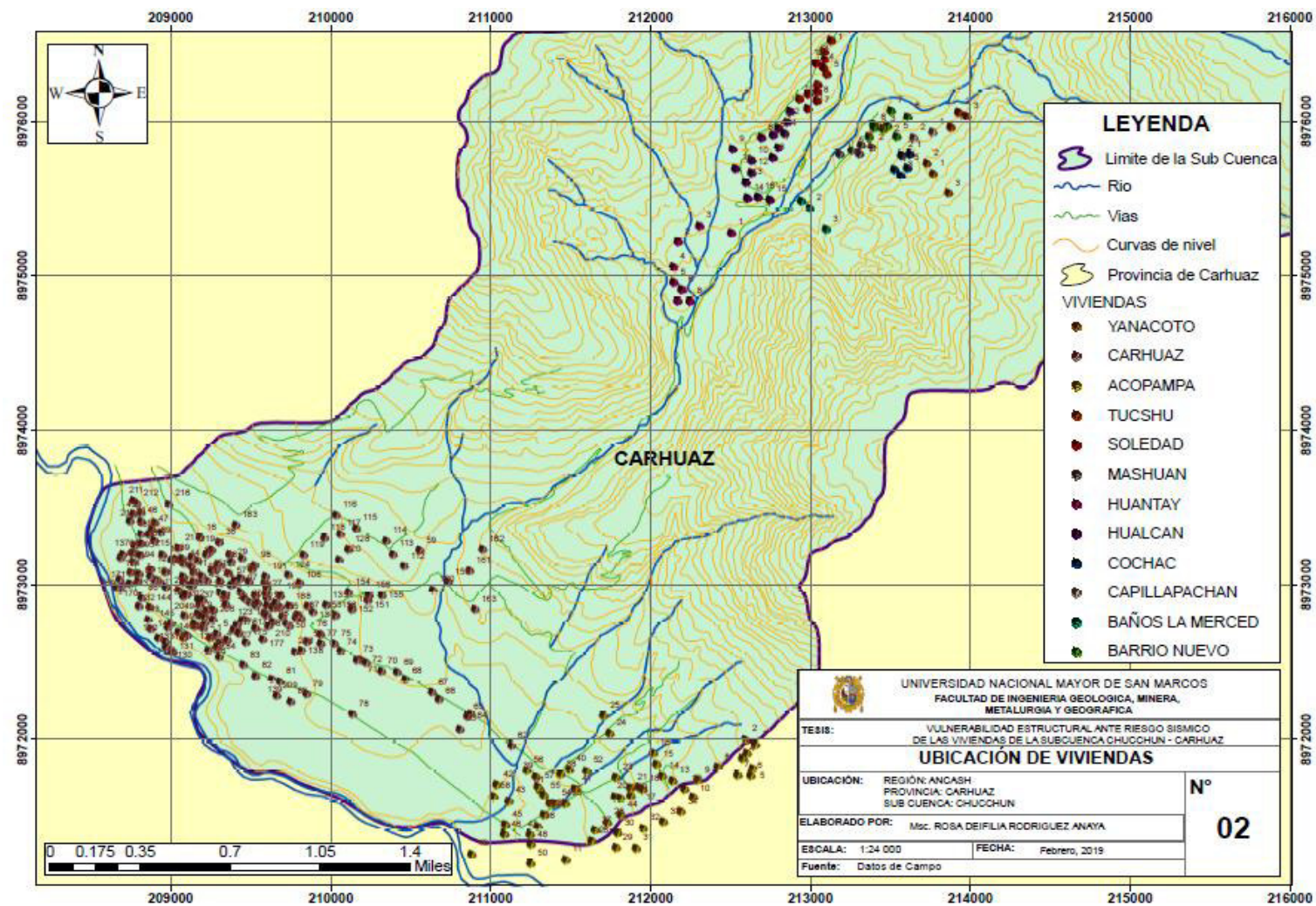


Figura 6: Ubicación de las Viviendas en la Subcuenca Chucchun

Fuente: Elaboración propia

3.3. Tipo de Investigación y Diseño de la Investigación

3.3.1. Tipo de Investigación

Empírica, descriptivo - explicativa y con metodología mixta, vale decir, cuantitativa y cualitativa.

3.3.2. Diseño de Investigación

En la presente investigación, para evaluar los índices de vulnerabilidad en el ámbito de la subcuenca Chucchun, se aplicó el método establecido por el CENEPRED: El método multicriterio (proceso de análisis jerárquico) para la ponderación de los parámetros de evaluación de los sismos y de la vulnerabilidad, mostrando la importancia (peso) de cada parámetro en el cálculo del peligro, facilitando la estratificación de los niveles de peligros. Este método tiene un soporte matemático, permitiendo incorporar información cuantitativa (mediciones de campo) y cualitativa (nivel de incorporación de los instrumentos de gestión del riesgo, niveles de organización social, etc.) para lo cual requiere de la participación de un equipo multidisciplinario.

La ponderación por su flexibilidad permite incorporar nueva información generada en los ámbitos geográficos de interés, por su sencillez puede ser aprendida sin dificultad. Este procedimiento ha sido aplicado en diferentes ramas de la ciencia, incluida la gestión del riesgo de desastres.

La presente investigación, se concentró en la evaluación de la vulnerabilidad estructural de las viviendas para proponer medidas para la reducción del riesgo de desastres en cumplimiento de la normatividad vigente.

Las etapas desarrolladas fueron tres:

Primera etapa de campo: Se aplicó el diseño no experimental, transeccional¹. No experimental, porque no se manipuló directa ni deliberadamente la variable

¹ HERNÁNDEZ, R. et. al (1991)

explicativa, más bien se obtuvieron datos mediante la observación en campo, revisión de documentos y/o registros del fenómeno investigado, de las condiciones vulnerabilidad y peligro.

En el proceso también se utilizaron datos secundarios provenientes de archivos de las instituciones técnico científicas como el IGP, INGEMMET, entre otras instituciones que manejan información relacionada al peligro, vulnerabilidad y riesgo.

Segunda etapa de campo: Se realizaron visitas de campo al ámbito de la subcuenca Chucchun con el propósito de identificar las características del territorio que influyen en el riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun.

De concordancia con el tamaño de muestra, se aplicaron 343 encuestas a las viviendas, para determinar las características de las variables e indicadores que influyen en la vulnerabilidad estructural de las viviendas de la Subcuenca Chucchun ante riesgo sísmico.

Asimismo se realizaron visitas y entrevistas a las autoridades del Gobierno Regional de Ancash y del Gobierno Local de la Municipalidad de Carhuaz con fines de difundir la normativa vigente de la gestión del riesgo de desastres y precisar las responsabilidades en materia de gestión del riesgo de desastres.

Tercera etapa de gabinete: Se utilizó el Proceso de análisis jerárquico, método multicriterio que permitió ponderar los criterios, subcriterios y descriptores del peligro sísmico y de la vulnerabilidad, permitiendo incorporar criterios cuantitativos y cualitativos que son considerados en la gestión del riesgo de desastres. Este método multicriterio, fue creado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) con la intención de atender problemas complejos de varios criterios, a través del desarrollo de un modelo jerárquico, que permite a los personajes en pantalla (jefes) estructurar el problema de manera externa para la toma de decisiones.

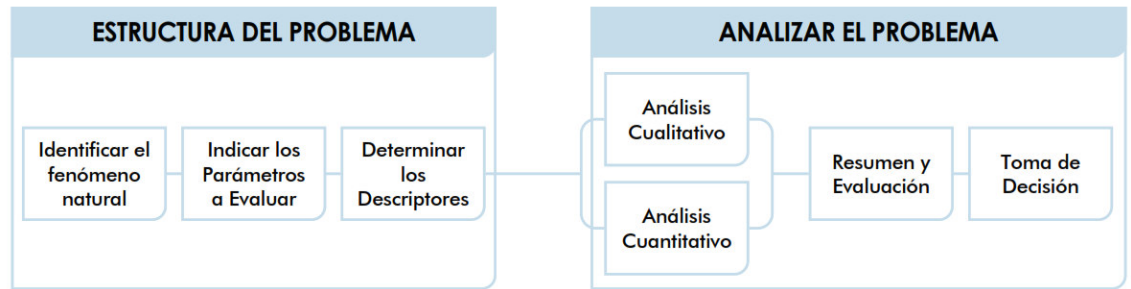


Figura 7: Estructura y análisis del problema.

Fuente. Toskano (2005)

El tema esencial de la PAJ es el camino hacia la ponderación de los parámetros y descriptores identificados con una opción y la última capacidad de las diversas opciones en cuanto a los criterios elegidos.

Para evaluar la estimación de la importancia global de cada uno de los indicadores, se utiliza un enfoque de correlación acompañante, para esta situación se utilizó el PAJ (Saaty, 1990) por sus puntos focales, la adaptabilidad y la simplicidad de incluir a cada uno de los intérpretes en el procedimiento de elección (Garfi et al., 2011), la escala aparece como sigue:

Cuadro 3: Matriz de Saaty

ESCALA DE SAATY

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo mas importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente. Manual de Evaluación de Riesgo, CENEPRED (2015)

Para obtener estos ponderados son necesarios respuestas (numéricas o verbales) a una serie de preguntas que comparan dos parámetros o dos descriptores a una serie de preguntas.

3.4. Hipótesis

3.4.1. Hipótesis General:

La vulnerabilidad estructural permitirá determinar el riesgo sísmico de las viviendas en la subcuenca Chucchun.

3.4.2. Hipótesis Específicas:

- La identificación de las características del territorio influyen en el riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun.
- Las características de las variables e indicadores influyen en la vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun.
- Los índices de vulnerabilidad estructural influyen en los niveles de riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun

3.5. Operacionalización de las variables

En la presente investigación se consideraron como variables la Vulnerabilidad estructural y el de Riesgo Sísmico con sus dimensiones, indicadores y niveles índices, según se muestra en el Cuadro 3:

Cuadro 4: Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSION	INDICADOR	NIVELES INDICE
Vulnerabilidad Estructural	Tipo de material en paredes	Pared de adobe	Muy alta Alta Media Baja
		Pared de estera	
		Pared de quinchá	
		Pared de madera	
		Pared de ladrillo	
	Material techo	Otro Material (Cartón, plástico, entre otros similares)	
		Estera y/o Paja	
		Plancha de calaminas	
		Tejas y/o Teja andina	
		Concreto armado	
	Número de pisos	5 pisos a más	
		4 pisos	
		3 pisos	
		2 pisos	
		1 pisos	
	Material piso	Tierra	
		Piedra	
		Madera	
		Cemento con hormigón	
		Concreto armado con vigas	
	Año construcción	De 40 a 50 años	
		De 30 a 40 años	
		De 20 a 30 años	

		De 10 a 20 años	
		De 5 a 10 años	
	Estado de conservación	Muy malo:	
		Malo:	
		Regular:	
		Bueno:	
		Muy bueno:	
	Localización de la vivienda	Muy cercana 0.2 a 0 km	
		Cercana 0.2 a 1 km	
		Medianamente alejada 1km a 3 km	
		Alejada 3 km a 5 km	
	Topografía del sitio	$50\% < P \leq 80\%$	
		$30\% < P \leq 50\%$	
		$20\% < P \leq 30\%$	
		$10\% < P \leq 20\%$	
		$P \leq 10\%$	
Riesgo sísmico	Nivel de peligro	Características del territorio	Muy alta Alta Media Baja

Fuente. Elaboración propia 2012.

CAPITULO 4: RESULTADOS

4.1. Características del territorio que influyen en el riesgo sísmico de las viviendas de la Subcuenca Chucchun

4.1.1 Historia de los sismos en Ancash

El Catálogo General de Isosistas para sismos peruanos del año 2016, elaborado el Instituto Geofísico del Perú, muestra los sismos históricos e instrumentales ocurridos en Perú entre los años 1582 y 2016. Los mapas fueron recopilados de diversos documentos técnicos y publicaciones científicas. Para sismos recientes, los mapas fueron elaborados utilizando información proveniente de la base de datos del hoy, Centro Nacional de Monitoreo Sísmico – Acelerométrico del Instituto Geofísico del Perú (Perú, 2016).

Para ello se resume el siguiente cuadro de ocurrencia de sismos en el departamento de Ancash.

Cuadro 5: Historia de los sismos en Ancash

Fecha (aa/mm/dd)	Hora origen (hh:mm:ss.s)	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Profundidad (Kilómetros)	Magnitud (Ms, mb, ML, Mw)	Departamento	Fuente
1946/11/10	17:42:54.0	-08.30	-77.80	30	7.2	Ancash	Silgado (1951)
1963/09/24	16:30:16.0	-10.60	-78.00	80	7.0	Ancash	Tavera et al. (2010d)
1970/05/31	20:23:29.0	-09.20	-78.80	43	7.7	Ancash	Gajardo (1970), Silgado (1977)
1992/05/12	15:46:49.21	-10.05	-79.95	58	5.8	Ancash	Tavera et al. (2014d)
2010/01/03	20:39:11.1	-08.99	-77.95	115	5.7	Ancash	Tavera et al. (2010a)
Originados en otros departamentos con impactos en Ancash							
1586/07/10	00:30:00.0	-12.30	-77.70	60	8.1	Lima	Sigaldo (1985), Dorbath et al. (1990)
1619/02/14	16:30:30.0	-08.90	-79.30	40	7.8	La Libertad	Sigaldo (1983), Dorbath et al. (1990)
1687/10/20	09:15:00.0	-11.35	-78.20	30	8.2	Lima	Sigaldo (1985), Dorbath et al. (1990)
1725/01/07	04:15:00.0	-09.20	-79.30	40	7.7	Lima	Sigaldo (1985)
1746/10/29	03:30:00.0	-11.99	-77.19	30	8.4	Lima	Sigaldo (1985), Dorbath et al. (1990), Beck y Nishenko (1990)
1940/05/24	16:34:00.0	-10.50	-77.00	50	8.2	Lima	Sigaldo (1978), Dorbath et al. (1990)
1947/11/01	14:58:52.0	-11.00	-75.00	60	7.5	Junín	Sigaldo (1948)
1950/12/10	02:50:40.0	-14.25	-75.75	60	7.0	Ica	Sigaldo (1952)
1966/10/17	21:41:57.0	-10.70	-78.60	38	7.5	Lima	Lomnitz y Cabre (1968), Sigaldo (1977), Beck y Nishenko (1990)
2007/08/15	23:40:53.5	-13.54	-76.89	40	8.0	Ica	Astroza (2007), Tavera y Bernal (2008a)

Fuente. IGP, 2012

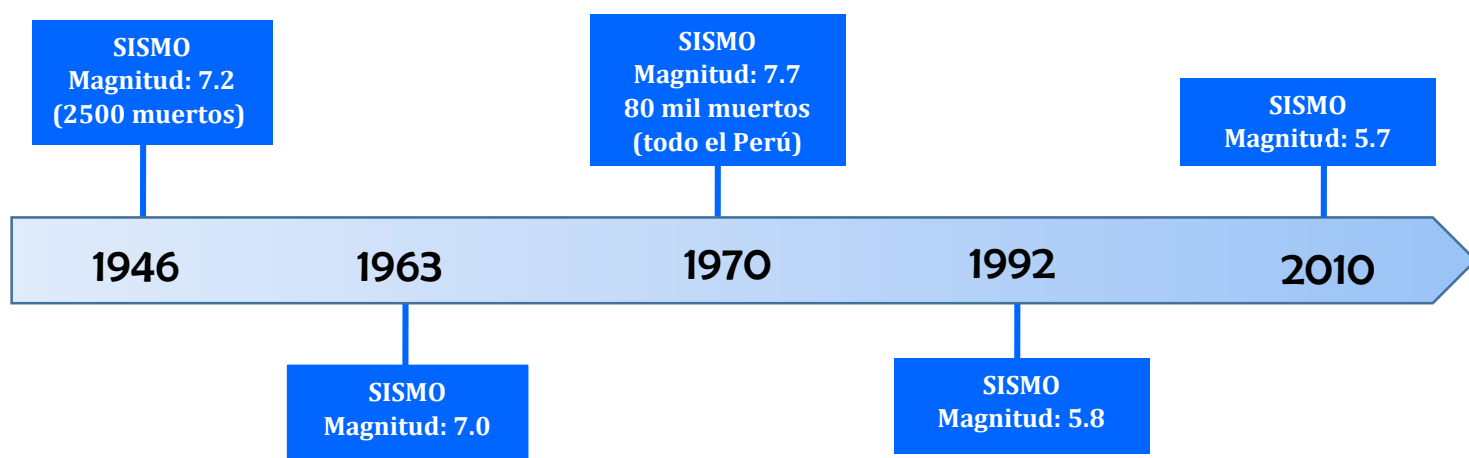


Figura 8: Línea de tiempo de los sismos con mayor intensidad en Ancash

4.1.2 Flora de la Subcuenca Chucchun

La flora en la Subcuenca Chucchun es muy variada, debido a que posee una gran diversidad de vegetación. Muchas de las especies que se encuentran en esta zona forma parte de distintas asociaciones de humedales, pastizales, matorrales, bosques, etc., entre lo que sobresalen las especies arbóreas del género *Polylepis*, *Gynoxys*, *Buddleja* y *Alnus*; de la misma forma destacan muchas especies de orquídeas y otro tipo de flora medicinal, que a pesar de su explotación y depredación, mantienen la presencia en estas zonas, debido a que son muy abundantes. (Municipalidad Provincial de Carhuaz, 2014)

4.1.3. Geología y Geomorfología de la Subcuenca Chucchun

La subcuenca del río Chucchún se ubica en la Cordillera Blanca, área glaciaria de mayor extensión en los trópicos (>40%), perteneciente al ramal occidental de los Andes del Norte del territorio peruano; Las pendientes se caracterizan por ser fuertes en las zonas próximas a los nevados. A lo largo de las quebradas, las laderas tienen pendientes de fuerte a moderadas. En los fondos de valle las pendientes son suaves, conformando superficies plano onduladas con pasturas altamente productivas donde se desarrolla una intensa actividad pecuaria aprovechando los

pajonales y bofedales que se distribuyen en la parte media y alta de la subcuenca. (INAIGEM, 2016)

- **Geología:**

En la subcuenca del río Chucchún, se observa rocas sedimentarias e ígneas, cubiertas por sedimentos cuaternarios de origen glaciar, resaltando las rocas ígneas de magnitud batolítica que se distribuyen en la parte alta de la subcuenca y entorno del nevado Hualcan. (INGEMMET, Mapa Geológico del Cuadrángulo de Carhuaz, 1995)

Regionalmente, se consideran las unidades estratigráficas representadas por el Grupo Goyllarisquizga, la Formación Yungay, los depósitos fluvio-glaciares y depósitos aluviales, así como las rocas ígneas de tipo granodiorítico-tonalítico. (INGEMMET, Mapa Geológico del Cuadrángulo de Carhuaz, 1995)

- **Geomorfología:**

La subcuenca del río Chucchún, se caracteriza por la presencia de diferentes formas topográficas, siendo las más importantes las geoformas montañosas hacia la parte alta y colinas y laderas hacia las partes bajas. Regionalmente las unidades geomorfológicas están representadas por fondos de valle fluvio aluvial, planicies coluvio aluviales, planicies fluvio glaciares, superficies inclinadas de origen glaciar, colinas altas fuertemente disectadas, laderas de montaña ligeramente empinadas, laderas de montaña moderadamente empinadas y laderas de montaña fuertemente empinadas. (INAIGEM, 2016)

LEYENDA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		ROCAS INTRUSIVAS
C E N O Z O I C A	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depositos Fluvio-glaciares	Qh-fg	
			Depositos Glaciares	Qh-g	
			Depositos Aluviales	Qh-a	
			Depositos Coluviales	Qh-co	
	NEOGENO	PLIOCENA	DISC. ANG.		
			Fm Yungay	Nmp-yu	
		MIOCENA		Nm-vca2	N-gd/to Granodiorita Tonalia
				P-vca1	
	PALEOGENO	PALEOCENA	Volc. Callpuy		Kp-to/gc Gabro Tonalia Granodiorita
M E S O Z O I C A	CRETACEO	Superior	Fms. Parituanca, Chulac Paritambó	Kis-Pchp	
		Inferior	Grupo Goyllarisquiza	Ki-f	
				Ki-ca	
				Ki-saca	
				Ki-ca	
				Ki-chi	
				Ki-o	
		Superior	Fm. Chicama	Js-ch	
	JURASICO				

Figura 10: Leyenda de Mapa Geomorfológico

Fuente: INGEMMET - Carta Geológica, 19-H, Carhuaz

4.1.4. Procesos de la geodinámica interna de Ancash

Por la interacción de las placas tectónicas de Nazca y la placa Sudamericana, induce al proceso de subducción ocurrido durante millones de años provocando el plegamiento de rocas sedimentarias, activación de las fallas geológicas, actividad volcánica y alta sismicidad.

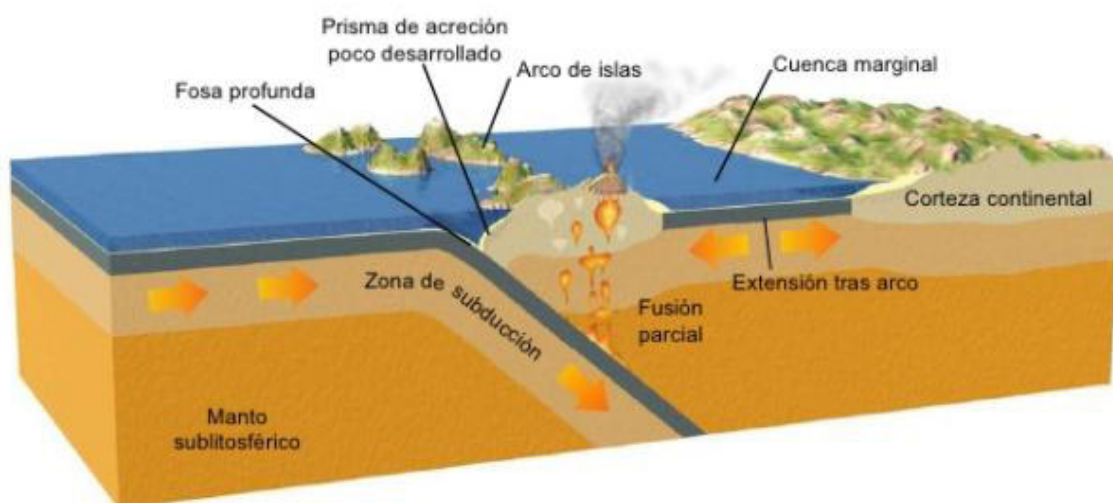


Figura 11: Esquema de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana.

Fuente. CENEPRED (2017)

Por el proceso de subducción se formó la Cordillera de los Andes que es una estructura resultante del proceso de tectónica de placas, que se extiende a lo largo de toda América de Sur y se orienta paralela a la fosa peruana-chilena (FPC) donde ocurre el proceso de subducción, también las cadenas volcánicas.

Parámetros sísmicos

- a. **Hipocentro.** Es el punto en el interior de la tierra donde comienza la ruptura, también se le conoce como foco sísmico.
- b. **Hora origen.** Representa la hora en que inicia la ruptura, se expresa generalmente en tiempo universal (UTC). Son 5 horas adicionales a la hora local del Perú.

- c. **Epicentro.** Es la proyección vertical del hipocentro en la superficie, se representa en coordenadas geográficas o coordenadas UTM.
- d. **Magnitud.** La magnitud de representa la energía liberada en el hipocentro, el valor de la magnitud de un sismo en particular es única, no está relacionado con el lugar de ubicación de un punto geográfico.
- e. **Intensidad.** Es una medida cualitativa de los efectos causados en las personas, viviendas, infraestructuras y en la naturaleza; a diferencia de la magnitud, la intensidad originada por un sismo puede variar en distintos puntos geográficos, mientras más cerca el epicentro los efectos serán mayores. La escala de intensidad sísmica más utilizada en nuestro medio es la escala de Mercalli Modificada que tiene doce grados los cuales se expresan en números romanos.
- f. **Distancia del Epicentro.** Es la distancia horizontal medida desde el epicentro hasta un punto geográfico en la superficie.

4.1.5. Sísmicidad del ámbito de estudio de la subcuenca Chucchun, provincia de Carhuaz

El IGP y el CISMID, entre otras entidades, han realizado diversos estudios de sismicidad considerando, la presencia de fallas geológicas, características del suelo, al proceso de subducción de la placa de Nazca y la placa Sudamericana, profundidad, características estructurales y ubicación de la infraestructura, entre otras que se relacionan con la magnitud de daños.

En los siguientes mapas elaborados con la información histórica y estudios de peligro sísmico, se presenta la zona sísmica correspondiente al ámbito de estudio: En la Figura 7, se presenta la distribución espacial de sismos, con las magnitudes de daño que comprende desde cuatro hasta ocho según la Escala de Mercalli Modificada (MM), ocurridos durante los años de 1960 hasta el 2011.

En la Figura 8, el ámbito de estudio presenta magnitudes en la escala de MM que van desde tres hasta cuatro con una profundidades desde 0 a 32 Km, en la Figura 9, las intensidades sísmicas son desde IV hasta VIII, en la Figura 10, en la escala de consecuencias de los sismos, es decir las intensidades

macrosísmicas es del grado IV, la Figura 11: el peligro sísmico muestra el 10 % de probabilidad de excedencia (probabilidad de que el sismo

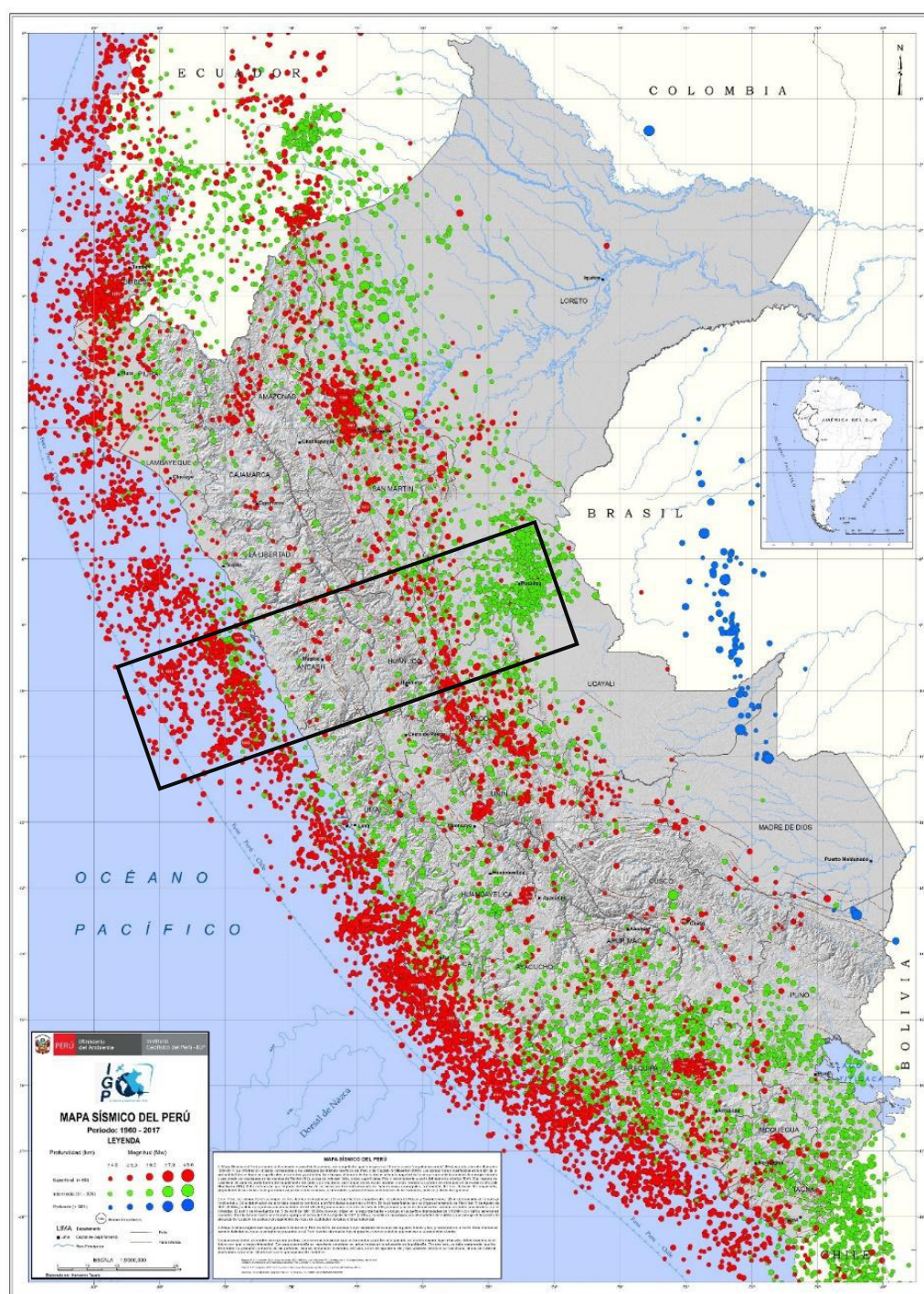


Figura 12: Mapa de sísmico del Perú

Fuente. IGP (2011)

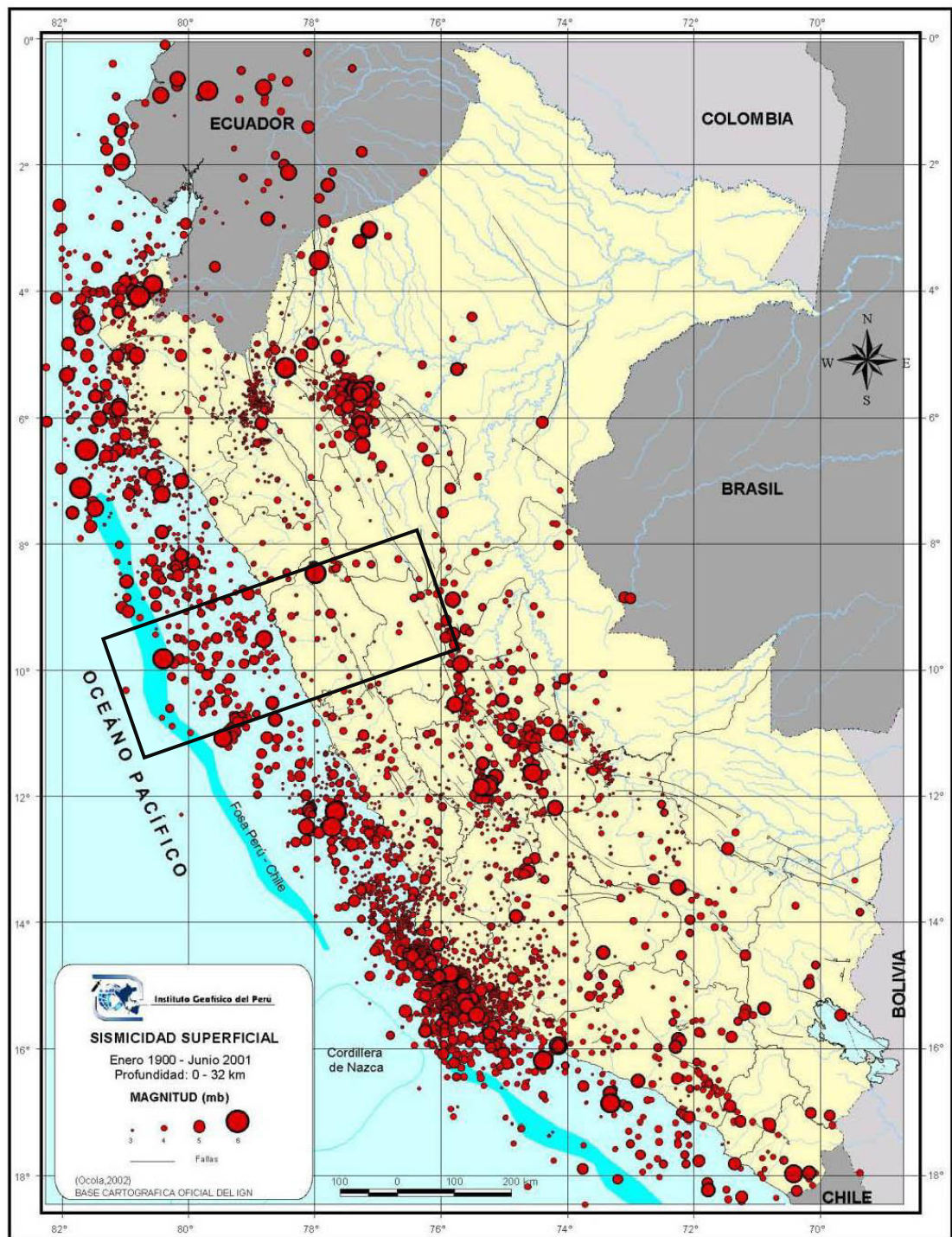


Figura 13: Mapa de Sismicidad Superficial del Perú

Fuente. IGP (2001)

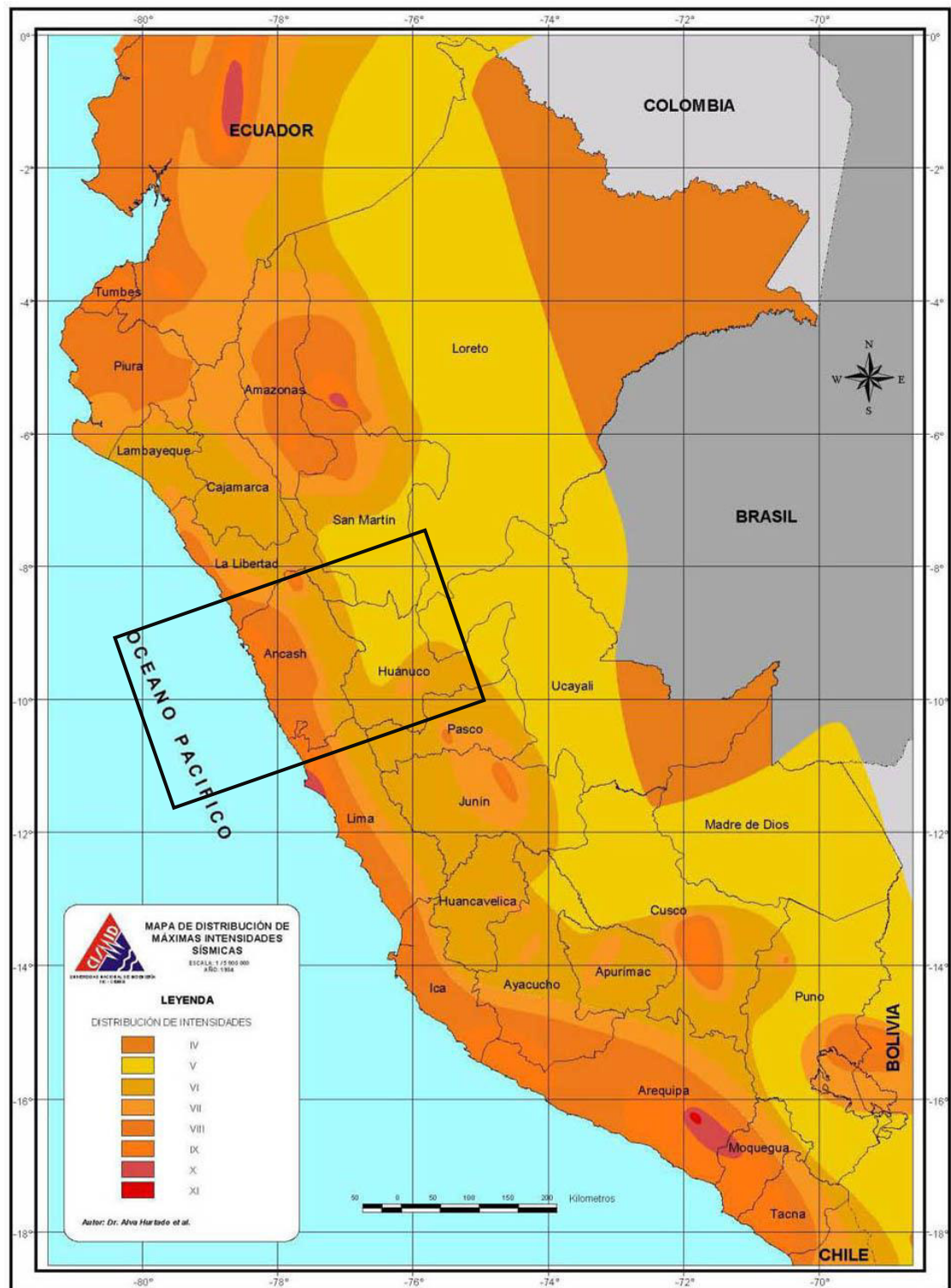


Figura 14: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas - CISMID

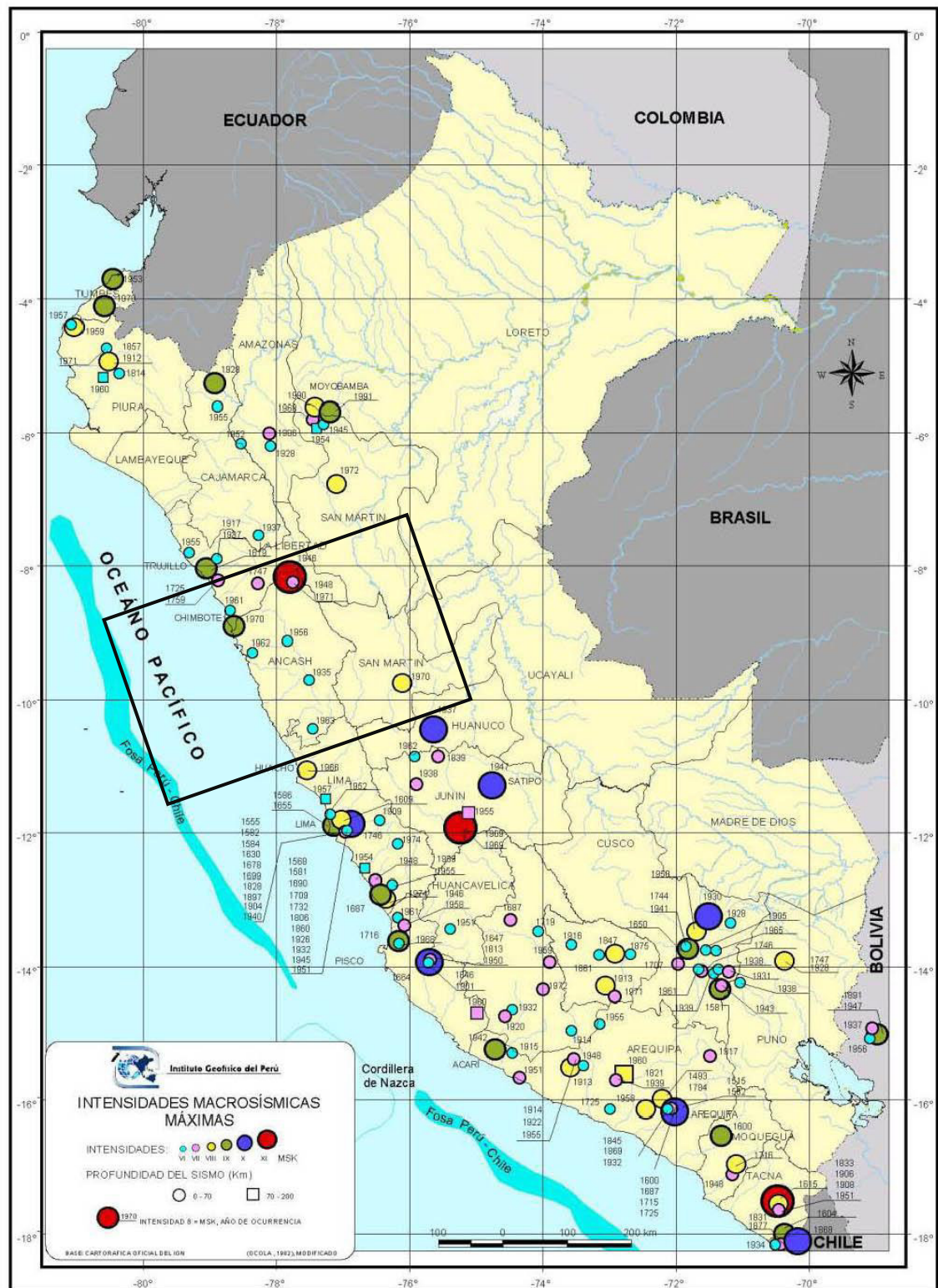


Figura 15: Mapa de Intensidades Macrosísmicas del Perú - IGP

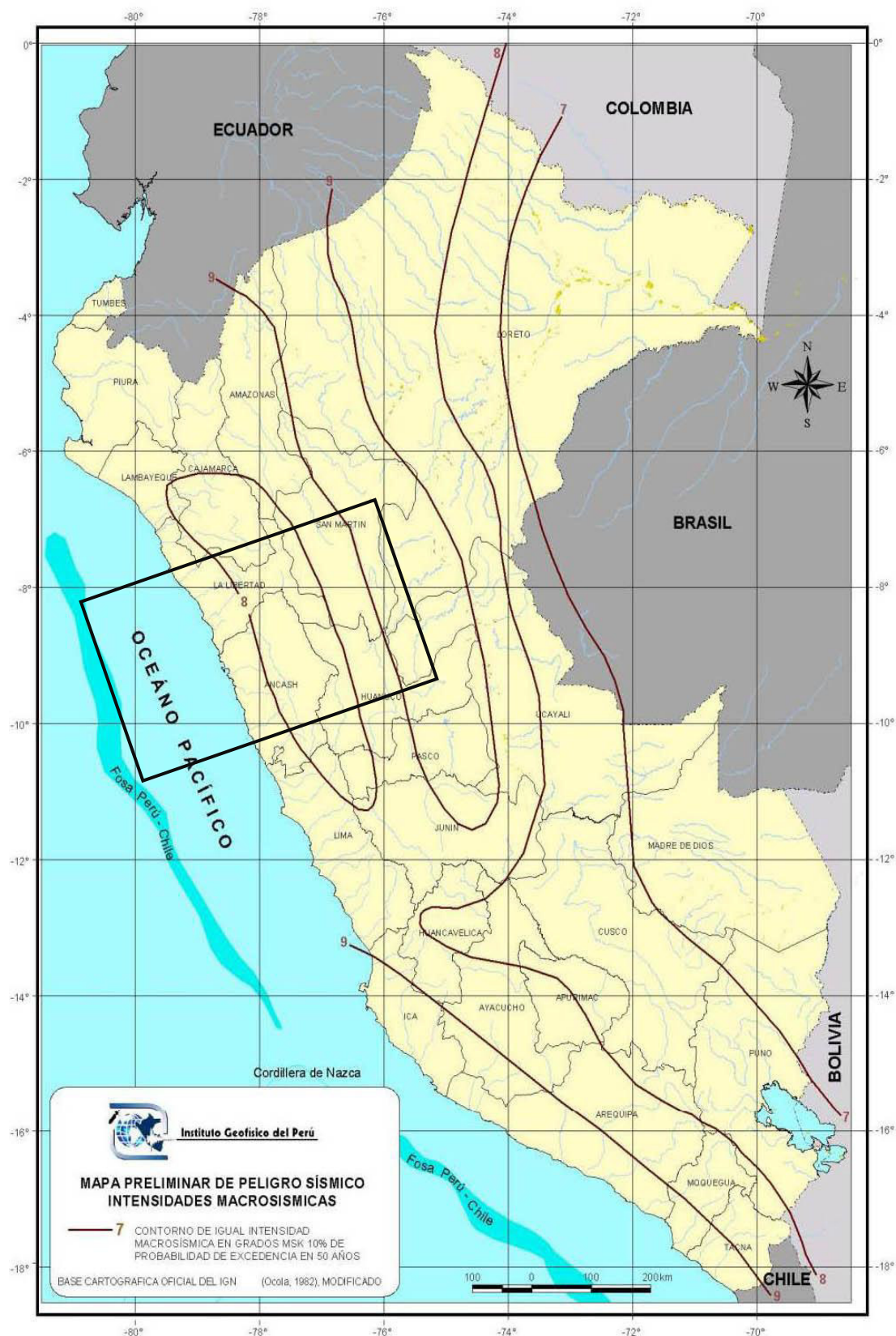


Figura 16: Mapa Preliminar del peligro sísmico intensidades macrosísmicas - IGP

De acuerdo al Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA, publicado el 24 de enero de 2016, con el propósito de actualizar la Norma Técnica 030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones con las actuales tecnologías en sismorresistencia y los avances científicos en el ámbito de la sismología y así contribuir a reducir la vulnerabilidad de las edificaciones y evitar la pérdida de vidas humanas ante la ocurrencia de sismos y garantizar la prolongación de los servicios básicos; se zonifica el peligro sísmico (Ver Figura 12). La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de cuatro zonas en nuestro país, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.



Figura 17: Mapa de Zonificación Sísmica

Fuente: D.S. N° 003-2016-VIVIENDA

Según el Cuadro 5, el ámbito de estudio se ubica en la zona 3 y el factor Z presenta un valor de 0.35, y comprende a todos los distritos de la provincia de Carhuaz. Este factor se interpreta como el incremento máximo horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad

Cuadro 6: Factor Z de la aceleración de la gravedad

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: D.S N° 003-2016-VIVIENDA

La determinación de la zona sísmica, se determinó considerando la microzonificación sísmica y los perfiles de suelo principalmente.

4.1.6. Microzonificación sísmica

Son estudios donde participan diversas disciplinas e investigan los impactos de terremotos y eventos relacionados, por ejemplo, licuefacción de suelos, movimientos en masa y otros, que ocurren en el territorio de interés. Los exámenes proporcionan datos sobre el posible ajuste de las actividades sísmicas debido a las condiciones cercanas y otros eventos, al igual que los impedimentos e intereses que, como resultado de las investigaciones, se consideran para el procedimiento, ejecución de las estructuras.

4.1.7. Niveles de Peligro de la Subcuenca Chucchun según su litología y pendiente

En la subcuenca Chucchun se encuentran unidades de peligro que han sido determinados considerando pendientes, litología y la susceptibilidad particular de cada zona. Los niveles de peligro se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 7: Niveles de Peligro de la Subcuenca Chucchun según su litología y pendiente

Nivel de peligro relativo	Codigo	Litología	Pendiente	Susceptibilidad o exposición a procesos
Muy alto	4.1	Manto fluvioglaciárico proveniente de rocas sedimentarias , moderadamente . potentes.	Moderadamente empinadas a muy empinadas	Muy alta susceptibilidad a erosión por cárcavas, a desprendimientos, deslizamientos. Aporta sedimentos para generación de flujos de barro.
	4.2	Diversa, residuales y coluvio - aluviales de menor potencia	Fuertemente inclinadas a empinadas	Muy alta susceptibilidad a erosión por cárcavas y deslizamientos en de flujos terrosos
	4.3	Tobas e ignimbritas dacíticas	Muy empinadas	Muy alta susceptibilidad a erosión por cárcavas, desprendimientos, generación de flujos terrosos
	4.4	Areniscas, cuarcitas, lutitas del cretáceo en mantos coluviales	Empinadas a muy empinadas	Muy alta susceptibilidad a deslizamientos, erosión por cárcavas.
	4.5	Areniscas, cuarcitas, lutitas del cretáceo	Empinadas a muy empinadas	Alta susceptibilidad a erosión por cárcavas, .
	4.6	Diversa en el trayecto de los cauces del río Chucchún y afluentes	Variable por tramos.	Transporte y deposición de flujos de barro, Probabilidad de desborde, inundación, socavamiento lateral
Alto	3.1	Diversa. Mantos fluvioglaciáricos , coluvioaluviales. Tobas volcánicas	De fuertemente inclinadas a empinadas	Alta susceptibilidad a carcaveo y deposición de flujos provenientes de laderas altas. Exposición a desprendimientos y flujos de unidades más altas
	3.2	Sedimentos fluvioglaciáricos proveniente de sedimentarios. Mantos poco potentes	De fuertemente inclinadas a muy empinadas en cimas y laderas	Alta susceptibilidad a reactivación de cárcavas

				remontantes, erosión laminar y surcos
	3.3	Areniscas, cuarcitas, lutitas. Mantos fluvioglaciáricos derivado de rocas intrusivas	Moderadamente empinadas a muy empinadas	Alta susceptibilidad a erosión laminar y por cárcavas por flujos provenientes de partes altas de la ladera.
	3.4	Sedimentos aluviales	Ligeramente inclinadas a muy inclinadas	Alta susceptibilidad a erosión, colmatación por desborde de río.
	3.5	Granodioritas	Empinadas a muy empinadas	Alta susceptibilidad a desprendimientos de masa rocosas y glaciares Alta susceptibilidad a desborde de lagunas por caídas violentas de masas rocosas y de glaciares.
Medio	2.1	Sedimentos aluviales	Ligeramente inclinadas a muy inclinadas	Susceptibilidad moderada a inundación por desborde de río o deposición de flujos terrosos de partes altas
	2.2	Sedimentos fluvioglaciáricos	Fuertemente inclinadas	Susceptibilidad moderada a flujos deposicionales de unidades adyacentes más elevadas
	2.3	Mantos tobáceos o fluvioglaciáricos ubicados en cimas	Fuertemente inclinadas a moderadamente empinadas	Susceptibilidad a erosión laminar, y a reactivación de cárcavas remontantes.
	2.4	Till morrénico derivado de rocas intrusivas	Desde moderadamente empinados a muy empinados	Moderada susceptibilidad a erosión y flujos terrosos por sobresaturación de agua. Microdeslizamientos
	2.5	Sedimentos fluvioglaciáricos proveniente de rocas intrusivas	Moderadamente empinadas a empinadas	Susceptibilidad moderada a erosión laminar y por surcos
	2.6	Areniscas, cuarcitas, lutitas del cretáceo	Empinadas	Susceptibilidad a erosión. Laminar, surcos y cárcavas.
	2.7	Sedimentos lacustres y Fluvioglaciáricos proveniente de rocas intrusivas	Plano cóncavas, y laderas fuertemente inclinadas	Susceptible a inundación, anegamiento por flujos laminares o concentrados superficiales o afloramiento de filtraciones subterráneas
	2.8	Granodioritas	Empinadas a extremadamente empinadas	Moderada a alta potencialidad de aportes de flujos hídricos superficiales a unidades adyacentes ubicados en niveles inferiores.
	1.1	Mantos coluvio aluviales o fluvioglaciáricos	Fuertemente inclinadas	Baja o nula susceptibilidad a procesos de deposición, inundación o erosión

Bajo	1.2	Sedimentos aluviales	Ligera a moderad. inclinadas	Baja susceptibilidad a inundación, colmatación por desborde de río.
	1.3	Sedimentos fluvioglaciáricos provenientes de rocas intrusivas	Fuertemente inclinadas	Moderadas a bajas susceptibilidad a erosión o deposición o recepción de flujos de unidades adyacentes.
	1.4	Fluvioglaciárica o sedimentaria en cimas. Suelos moderadamente profundos a muy superficiales. Afloramiento rocoso	Plano convexa, de fuertemente inclinadas a moderadamente empinadas	Nula susceptibilidad a deposiciones, inundaciones, Baja susceptibilidad a erosión.

Fuente: Reyes, 2016

4.1.8. Ponderación de los parámetros del peligro sísmico

El peligro sísmico puede ser caracterizado por parámetros como intensidad, aceleración máxima del suelo, magnitud y otros.

Para la ponderación de los criterios, subcriterios y descriptores, se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico, que es una técnica multicriterio que permite la consolidación de criterios cuantitativos (marco no cubierto, humano, financiero, etc.) y subjetivo (preparación, creación) y /o la utilización de los controles, y así sucesivamente, que se consideran en la Gestión de Riesgos de Desastres.

Calculo del peligro sísmico en la subcuenca Chucchún

Cuadro 8: Matriz de comparación de pares de peligro sísmico

Peligro sísmico	Intensidad del sismo	Magnitud del sismo	Aceleración natural del suelo
Intensidad del sismo	1.00	3.00	5.00
Magnitud del sismo	0.33	1.00	3.00
Aceleración natural del suelo	0.20	0.33	1.00
Suma	1.53	4.33	9.00
1/suma	0.65	0.23	0.11

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

Cuadro 9: Matriz de normalización de pares de la vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas

Peligro sísmico	Intensidad del sismo	Magnitud del sismo	Aceleración natural del suelo	Vector priorización
Intensidad del sismo	0.652	0.692	0.556	0.633
Magnitud del sismo	0.217	0.231	0.333	0.260
Aceleración natural del suelo	0.130	0.077	0.111	0.106

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

Cuadro 10: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Indice de Consistencia (IC)	0.036
Relación de Consistencia(RC) < 0.08 (*)	0.069

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

a. Parámetro: Intensidad de Sismo

Cuadro 11: Matriz de comparación de pares de la intensidad del sismo

MAGNITUD DEL SISMO	XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.	IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	VI, VII y VIII. Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	II, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	I y II. Casi nadie lo siente y/o entido por unas cuantas personas.
XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
VI, VII y VIII. Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
II, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
I y II. Casi nadie lo siente y/o entido por unas cuantas personas.	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

Cuadro 12: Matriz de normalización de pares de la intensidad del sismo

MAGNITUD DEL SISMO	XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.	IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	VI, VII y VIII. Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	II, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.	Vector Priori_zación
XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
VI, VII y VIII. Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
II, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

Cuadro 13: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Índice de Consistencia	0.061
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.054

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

b. Parámetro: Magnitud del Sismo

Cuadro 14: Matriz de comparación de pares de la magnitud del sismo

MAGNITUD DEL SISMO	Mayor a 8.0 : Grandes terremotos	6.0 a 7.9 : Sismo mayor	4.5 a 5.9 : Pueden causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4 : Sentido por mucha gente	Menor a 3.4 : No es sentido en general pero es registrado en sismógrafos
Mayor a 8.0 : Grandes terremotos	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
6.0 a 7.9 : Sismo mayor	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
4.5 a 5.9 : Pueden causar daños menores en la localidad	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
3.5 a 4.4 : Sentido por mucha gente	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menor a 3.4 : No es sentido en general pero es registrado en sismógrafos	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

Cuadro 15: Matriz de normalización de pares de la magnitud del sismo

MAGNITUD DEL SISMO	Mayor a 8.0 : Grandes terremotos	6.0 a 7.9 : Sismo mayor	4.5 a 5.9 : Pueden causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4 : Sentido por mucha gente	Menor a 3.4 : No es sentido en general pero es registrado en sismógrafos	Vector Priorización
Mayor a 8.0 : Grandes terremotos	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
6.0 a 7.9 : Sismo mayor	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
4.5 a 5.9 : Pueden causar daños menores en la localidad	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
3.5 a 4.4 : Sentido por mucha gente	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Menor a 3.4 : No es sentido en general pero es registrado en sismógrafos	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

Cuadro 16: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.054

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

c. Parámetro: Aceleración Máxima del Suelo

Cuadro 17: Matriz de comparación de pares de la aceleración máxima del suelo

ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO (PGA)	PGA ≥ 0.45	0.35 \leq PGA ≥ 0.45	0.25 \leq PGA ≥ 0.35	0.10 \leq PGA ≥ 0.25	PGA < 0.10
PGA ≥ 0.45	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
0.35 \leq PGA ≥ 0.45	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
0.25 \leq PGA ≥ 0.35	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
0.10 \leq PGA ≥ 0.25	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
PGA < 0.10	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

Cuadro 18: Matriz de normalización de pares de la aceleración máxima del suelo

ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO (PGA)	PGA ≥ 0.45	0.35 \leq PGA ≥ 0.45	0.25 \leq PGA ≥ 0.35	0.10 \leq PGA ≥ 0.25	PGA < 0.10	Vector Priorización
PGA ≥ 0.45	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
0.35 \leq PGA ≥ 0.45	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
0.25 \leq PGA ≥ 0.35	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
0.10 \leq PGA ≥ 0.25	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
PGA < 0.10	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

Cuadro 19: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro.

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.054

Fuente. CENEPRED, adaptado por el investigador.

4.1.8. Determinación del peligro sísmico

La determinación del peligro sísmico, se realiza ponderando los parámetros en evaluación como se muestra en la siguiente cuadro 18.

Cuadro 20: Cálculo del peligro sísmico

CÁLCULO DEL PELIGRO SISMICO				
Peso	0.633	0.260	0.106	Valor del Peligro
Parámetros	Intensidad	Magnitud	Aceleración máxima del suelo	
Descriptoros	0.503	0.503	0.503	0.503
	0.260	0.260	0.260	0.260
	0.134	0.134	0.134	0.134
	0.068	0.068	0.068	0.068
	0.035	0.035	0.035	0.035

Fuente: Elaboración propia

$(0.134 \cdot 0.633 + 0.260 \cdot 0.260 + 0.260 \cdot 0.106 = 0.181)$, corresponde al nivel de peligro alto ubicado en el rango de 0.134 a 0.260

4.1.9. Determinación de niveles de peligro

Los niveles de peligro sísmico se estratificaron de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro 21: Cálculo de Niveles de Peligro

Los niveles de peligro sísmico en la Subcuenca Chucchun corresponde a peligro alto, según se muestra en el cuadro siguiente. El mapa correspondiente se adjunta en el Anexo 5.

Cuadro 22: Niveles de Peligro de la Subcuenca Chucchun

NIVELES DE PELIGRO				
0.260	≤	PELIGRO	≤	0.503
0.134	≤	PELIGRO	<	0.260
0.068	≤	PELIGRO	<	0.134
0.035	≤	PELIGRO	<	0.068



Peligro Alto

Cuadro 23: Matriz de Peligros de la Subcuenca Chucchun

Nivel de peligro	Descripción	Rangos
Peligro alto	Se ha tomado como escenario del riesgo las siguientes características: Intensidad del sismo: VI, VII y VIII. Sentido por todos, los daños son considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño; con Magnitud del sismo de 6.0 a 7.9 también conocido como sismo mayor y de acuerdo al mapa de sismo del Perú para el área de estudio corresponde una Aceleración máxima del suelo (PGA) $0.35 \leq PGA \leq 0.45$	$0.134 \leq V \leq 0.260$

Fuente: Elaboración Propia

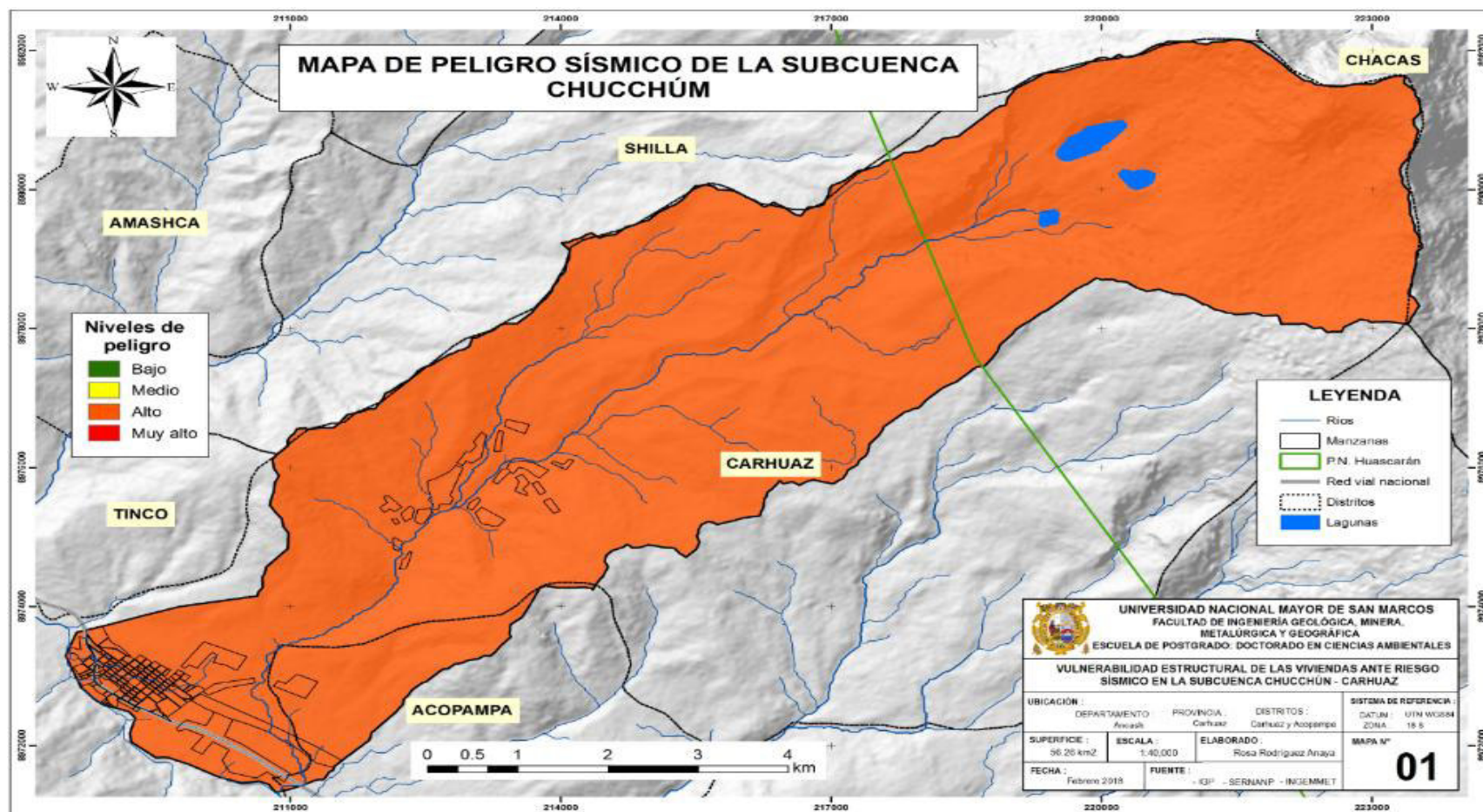


Figura 18: Mapa de Peligro Sísmico de la Subcuenca Chucchun

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Características de las variables e indicadores que influyen en la vulnerabilidad estructural de las viviendas de la Subcuenca Chucchun ante riesgo sísmico

Para la ponderación de los criterios, subcriterios y descriptores se utilizó el proceso de análisis jerárquico mediante el cual se incorporaron criterios cuantitativos y cualitativos considerados en la gestión del riesgo de desastres.

Cuadro 24: Sistema estructural predominante de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún

SISTEMA ESTRUCTURAL	n	%
Concreto armado	33	9.6%
Adobe reforzado	8	2.3%
Mampostería	1	0.3%
Adobe	301	87.8%
Total	343	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la presente Figura, observamos que el sistema estructural predominante de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún es básicamente el adobe; que en su totalidad son 301 viviendas que representan al 87.8%, mientras que 33 viviendas que representan al 9.6% son de concreto armado, 8 viviendas que representan al 2.3% son de adobe reforzado y 1 vivienda que representa al 0.3% es de mampostería.

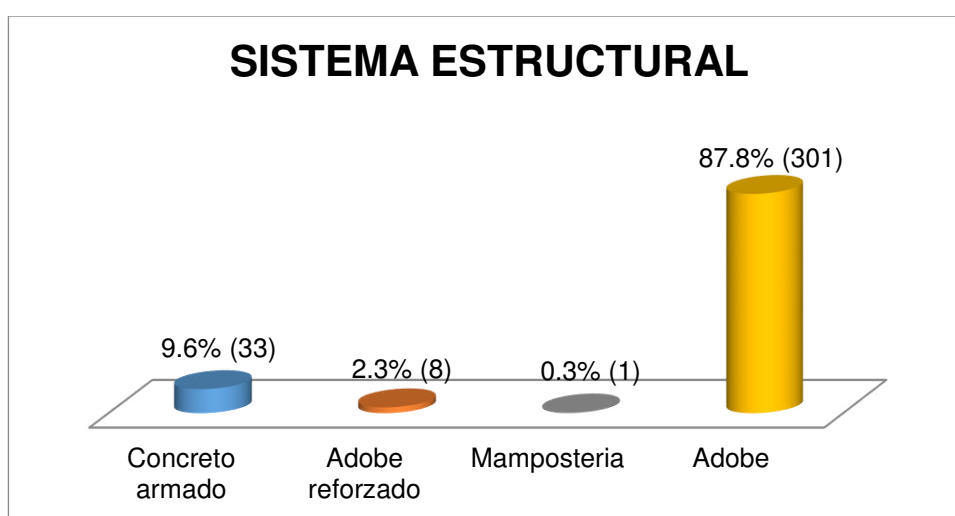


Figura 19: Sistema Estructural de las Viviendas

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 25: Material predominante utilizado en las paredes de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún

TIPO DE MATERIAL EN PAREDES	n	%
Pared de ladrillo	32	9.3%
Pared de madera	1	0.3%
Pared de adobe	310	90.4%
Total	343	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la presenta Figura, observamos que el material predominante utilizado en las paredes de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún es el adobe ya que 310 viviendas que representan al 90.4% están construidas de este material, 32 viviendas que representan al 9.3% sus paredes están construidas de ladrillo, una vivienda que representa al 0.3% tiene pared de madera.

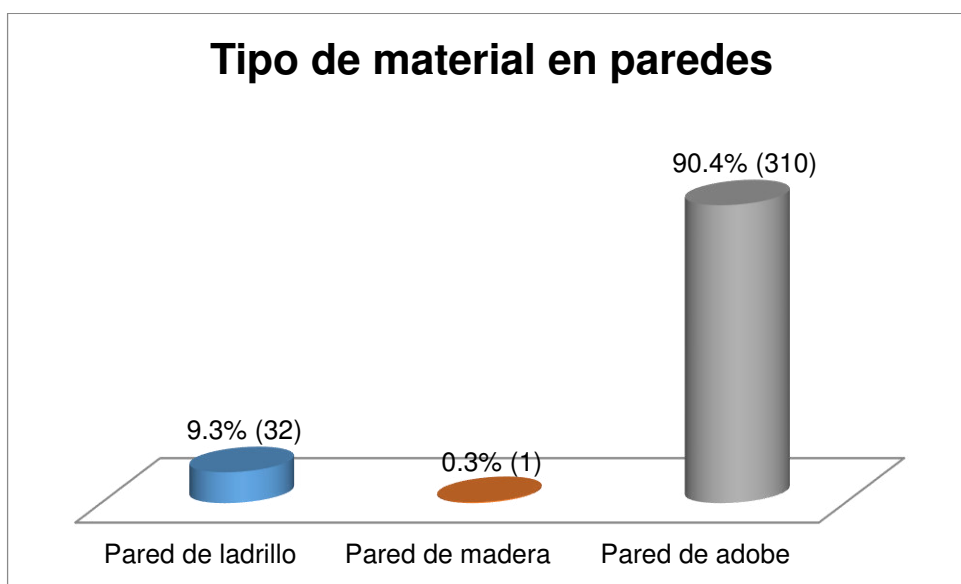


Figura 20: Tipo de material en paredes

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 26: Tipo de material utilizado como sistema de cubierta en la edificación de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún

TIPO DE CUBIERTA	n	%
Losa de hormigón armado	20	5.8%
Vigas de concreto armado y eternit	148	43.1%
Vigas de madera y calamina	32	9.3%
Vigas de madera y teja de arcilla	143	41.7%
Total	343	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la presente Figura, observamos el tipo de material utilizado como sistema de cubierta en la edificación de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún: 148 viviendas que representan al 43.1% tienen vigas de concreto armado y eternit, 143 viviendas que representan al 41.7% tienen vigas de madera y teja de arcilla como cubiertas, 32 viviendas que representan al 9.3% tienen vigas de madera y calamina como cubierta y 20 viviendas que representan al 5.8% tienen losa de concreto armado como cubierta.

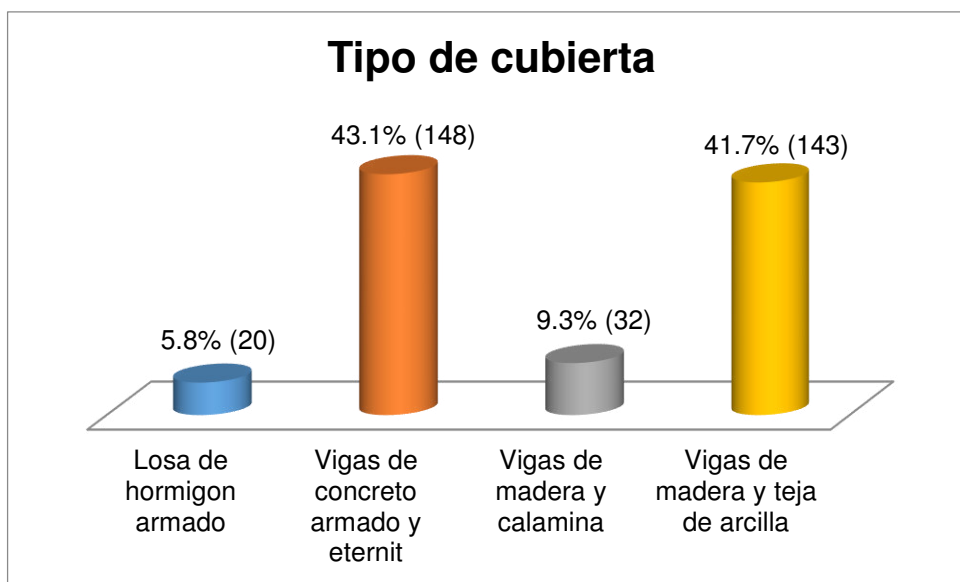


Figura 21: Tipo de Cubierta

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 27: Tipo de material utilizado para el sistema de entrepisos de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún

SISTEMA DE ENTREPISOS	n	%
Losa de hormigón armado	168	49.0%
Vigas de concreto y entramado de madera	170	49.6%
Vigas y entramado de madera	5	1.5%
Total	343	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la presente Figura, observamos el tipo de material utilizado para el sistema de entrepisos de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún: 170 viviendas que representan al 49.6% tienen vigas de concreto y entramado de madera, 168 viviendas que representan al 49.0% tienen losa de concreto armado y solamente 05 viviendas que representan al 1.5% tienen vigas y entramado de madera.

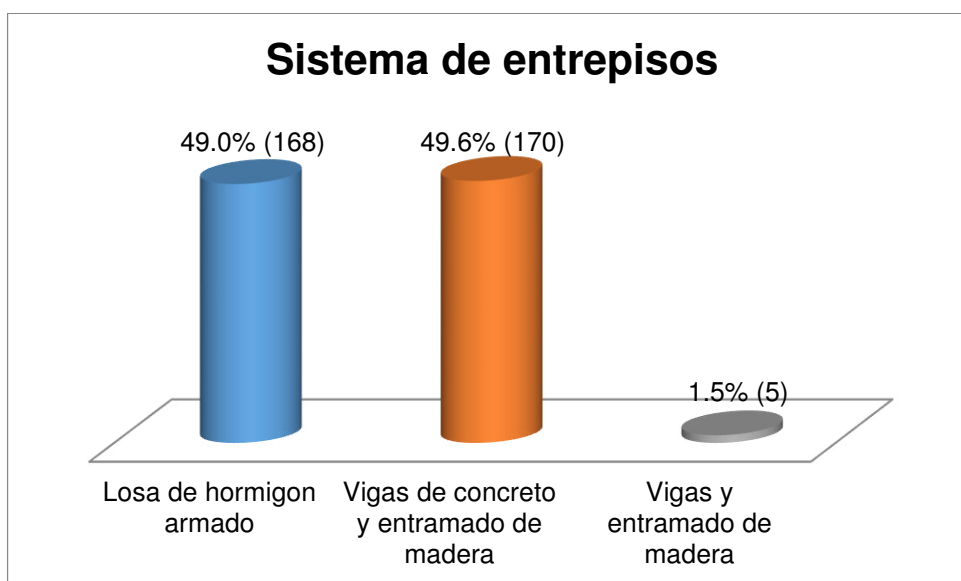


Figura 22: Sistema de Entrepisos

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 28: Número de pisos que tienen las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún

NUMERO DE PISOS	n	%
1°	207	60.3%
2°	127	37.0%
3°	9	2.6%
4° o mas	0	0.0%
Total	343	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la presente Figura, observamos el número de pisos que tienen las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún: 207 viviendas que representan al 60.3% cuentan solamente con un piso, 127 viviendas que representan al 37.0% tienen 02 pisos, 9 viviendas que representan al 2.6% tienen 03 pisos.

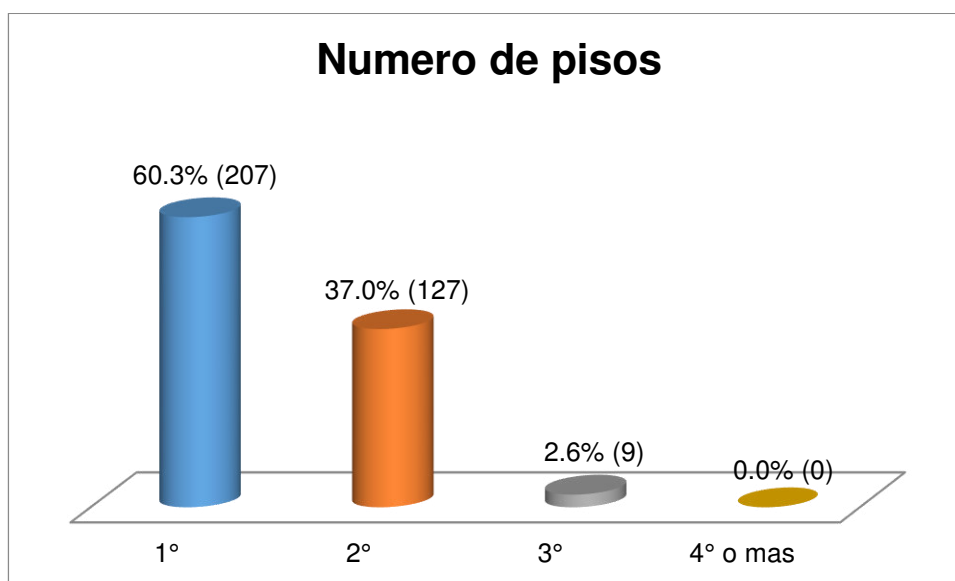


Figura 23: Número de pisos

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 29: Año de construcción de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún

AÑO DE CONSTRUCCION	n	%
2010-2014	11	3.2%
2000-2009	62	18.1%
1990-1999	122	35.6%
antes 1989	148	43.1%
Total	343	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la presente Figura, observamos el año de construcción de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún: 148 viviendas que representan al 43.1% han sido construidas antes del año 1989, 122 viviendas que representan al 35.6% han sido construidas entre los años 1990 a 1999, 62 viviendas que representan al 18.1% han sido construidas entre los años 2000 a 2009, mientras que solamente 11 viviendas que representan al 3.2% han sido construidas entre los años 2010 a 2014.

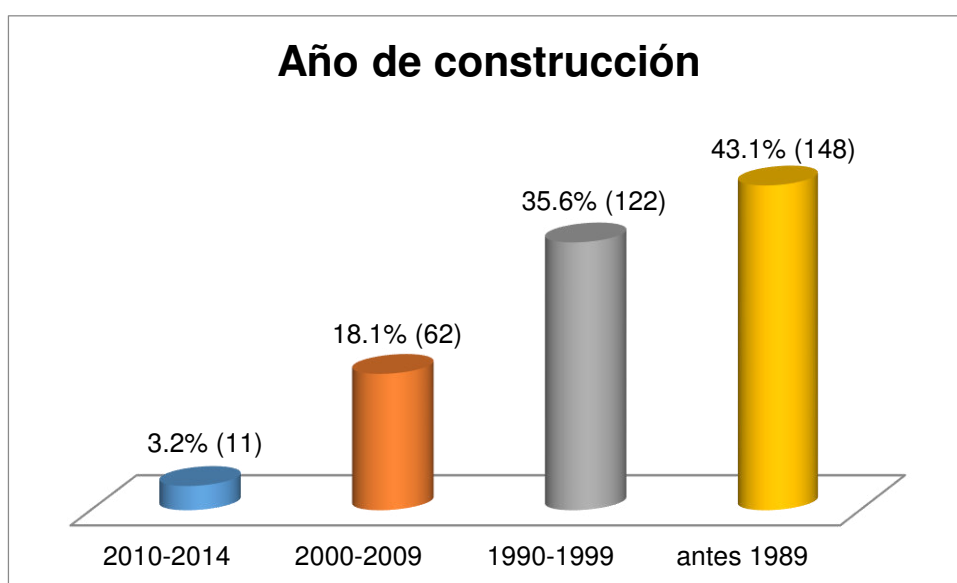


Figura 24: Año de Construcción

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 30: Estado de conservación de las viviendas en las localidades de la subcuenca Chucchún

ESTADO DE CONSERVACIÓN	n	%
Bueno	19	5.5%
Aceptable	93	27.1%
Regular	166	48.4%
Malo	65	19.0%
Total	343	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la presente Figura, observamos el estado de conservación de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún: 166 viviendas que representan al 48.4% tienen un estado de conservación regular, 93 viviendas que representan al 27.1% tienen un estado de conservación aceptable, 65 viviendas que representan al 19.0% tienen un estado de conservación mala, mientras que solamente 19 viviendas que representan al 5.5% tienen un estado de conservación bueno.

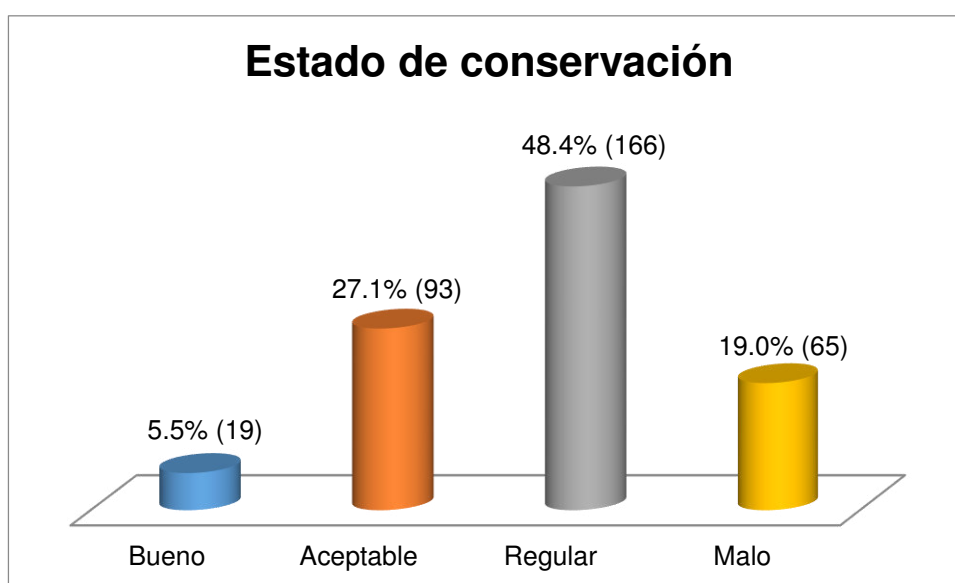


Figura 25: Estado de conservación

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 31: Características del suelo sobre las cuales están construidas las viviendas en las localidades de la subcuenca Chucchún.

Características del suelo	n	%
Rocoso	2	0.6%
Conglomerado	91	26.5%
Arcilloso	239	69.7%
Pantanosos	11	3.2%
Total	343	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la presente Figura, observamos las características del suelo sobre las cuales están construidas las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún: 239 viviendas que representan al 69.7% están construidas sobre un suelo arcilloso, compuesto por lutitas que son rocas sedimentarias, 91 viviendas que representan al 26.5% están construidas sobre un suelo conglomerado, 11 viviendas que representan al 3.2% están construidas sobre un suelo pantanoso y 2 viviendas que representan al 0.6% están construidas sobre un suelo rocoso.

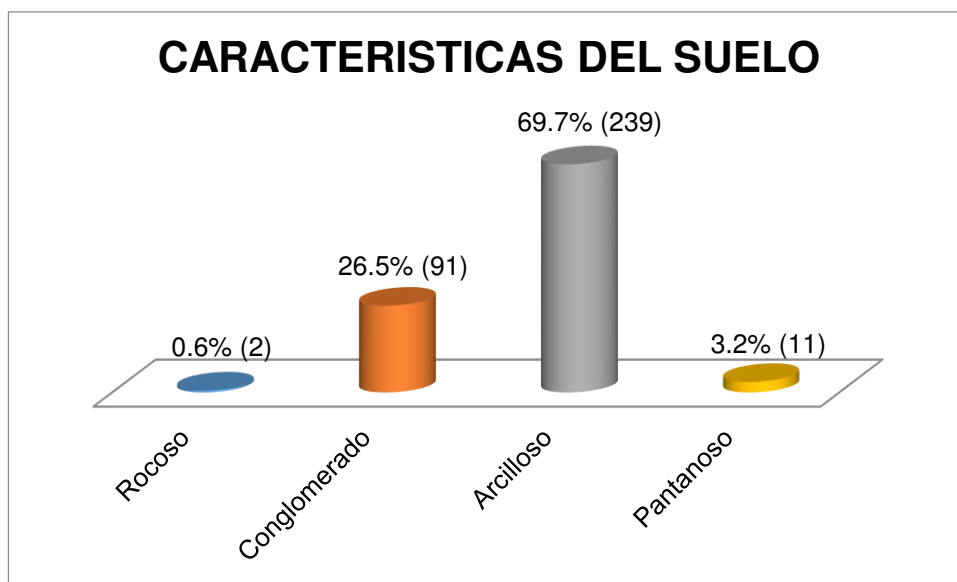


Figura 26: Características del Suelo

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 32: Características de ubicación de las viviendas en las localidades de la subcuenca Chucchún

CARACTERÍSTICAS DE LOCALIZACIÓN	n	%
Zona elevada	24	7.0%
Zona baja	255	74.3%
Márgenes	56	16.3%
Cauce del rio	8	2.3%
Total	343	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la presente Figura, observamos las características de ubicación de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún: 255 viviendas que representan al 74.3% se encuentran ubicadas en zona baja, 56 viviendas que representan al 16.3% están ubicadas en las márgenes, 24 viviendas que representan al 7.0% están ubicadas en zona elevada, mientras que 8 viviendas que representan al 2.3% están ubicadas en el cauce del rio.

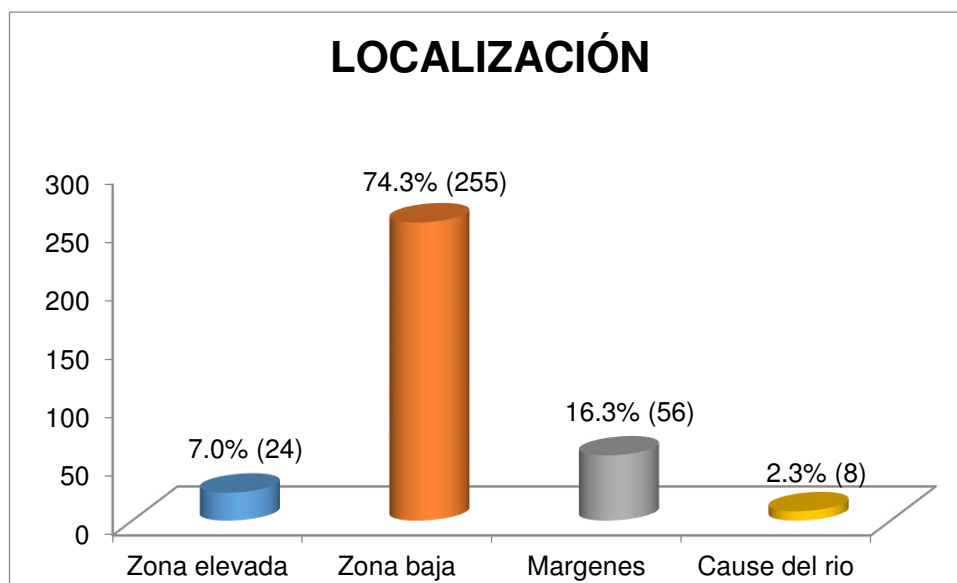


Figura 27: Localización

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 33: Topografía del sitio de construcción de las viviendas en las localidades de la subcuenca Chucchún

TOPOGRAFIA DEL SITIO	N	%
Pendiente ligera: 10%	293	85.4%
Pendiente moderada 10%-20%	40	11.7%
Pendiente pronunciada 20%-45%	10	2.9%
Pendiente muy pronunciada: Más 45%	0	0.0%
Total	343	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la presente Figura, observamos la topografía del sitio de construcción de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún: 293 viviendas que representan al 85.4% están construidas sobre una pendiente ligera de hasta el 10%, 40 viviendas que representan al 11.7% están construidas sobre una pendiente moderada de 10% al 20%, 10 viviendas que representan al 2.9% están construidas sobre una pendiente pronunciada de 20% al 45%.

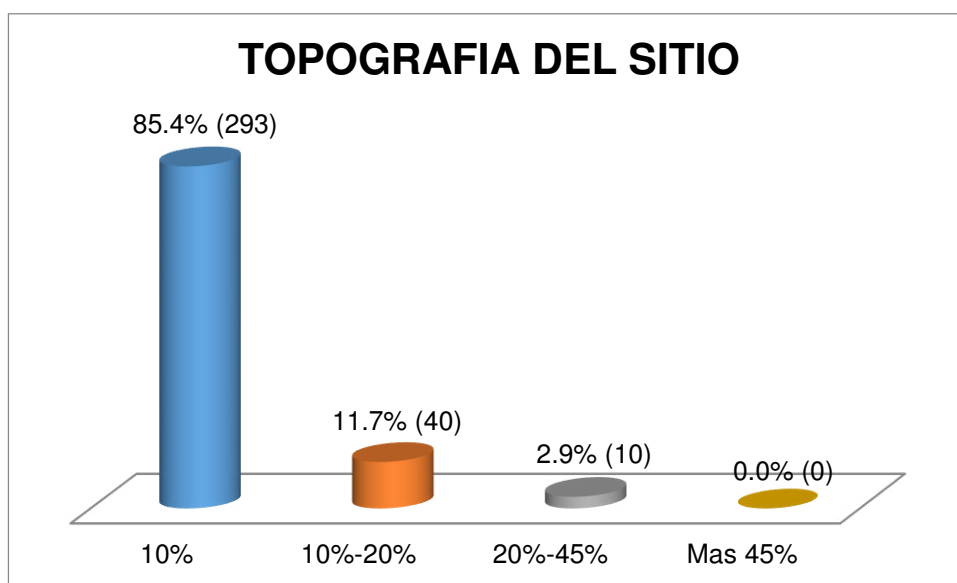


Figura 28: Topografía del Sitio

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 34: Forma de construcción de las viviendas en las localidades de la subcuenca Chucchún

FORMA DE CONSTRUCCION	n	%
Regular en planta y elevación	257	74.9%
Irregular en planta y regular en elevación	35	10.2%
Regular en planta e irregular en elevación	39	11.4%
Irregular en planta y en elevación	12	3.5%
Total	343	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la presente Figura, observamos la forma de construcción de las viviendas en las localidades de la Subcuenca de Chucchún: 257 viviendas que representan al 74.9% en cuanto a su forma de construcción es regular en planta y elevación, 39 viviendas que representan al 11.4% en su forma de construcción son regular en planta e irregular en elevación, 35 viviendas que representan al 10.2% en su forma de construcción son irregular en planta y regular en elevación, mientras que 12 viviendas que representan al 3.5% en su forma de construcción son irregular en planta y elevación.

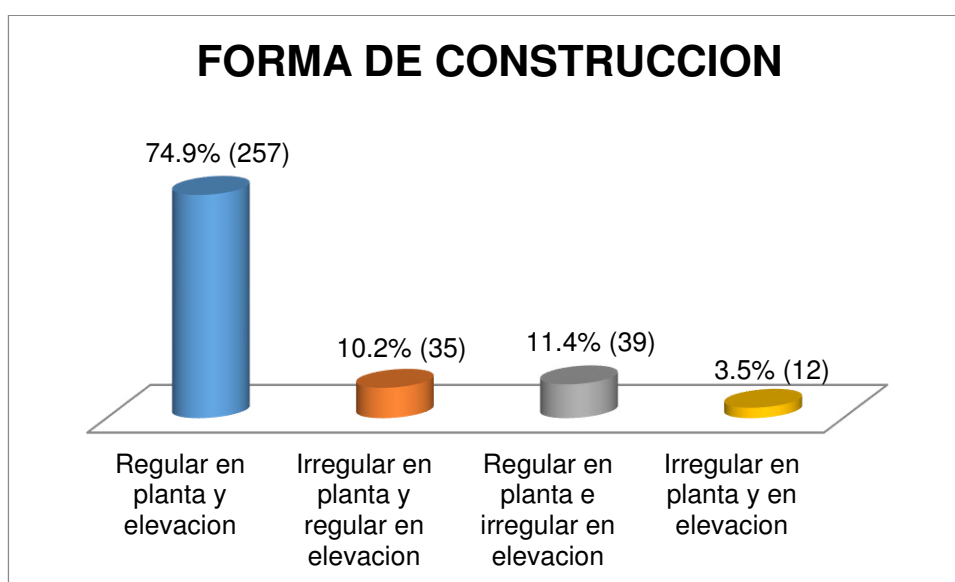


Figura 29: Forma de Construcción

Fuente: Elaboración propia

4.3. Determinación de los niveles índices de vulnerabilidad estructural de las viviendas de la Subcuenca Chucchun que influyen en los niveles de riesgo sísmico

Para la determinación de los niveles índices de vulnerabilidad estructural de las viviendas, la vulnerabilidad se ha analizado desde la dimensión física, la que se relaciona con las condiciones específicas de infraestructura y ubicación de la comunidad, centro poblado o sector que pueden sufrir los efectos por acción del peligro. (CENEPRED, 2017)

A continuación, se presentan las ponderaciones para la dimensión de la vulnerabilidad física elaboradas en función a las características priorizadas (ítem 4.2) de las viviendas ubicadas en la subcuenca Chucchun

Calculo de la vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas

Cuadro 35: Matriz de comparación de pares de la vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas

Variables de vulnerabilidad en edificaciones	Localización de la vivienda	Tipo de material en paredes	Material techo	Material piso	Número de pisos	Año construcción	Estado de conservación	Topografía del sitio
Localización de la vivienda	1.00	0.33	0.50	2.00	0.50	3.00	0.50	2.00
Tipo de material en paredes	3.00	1.00	3.00	9.00	2.00	5.00	2.00	3.00
Material techo	2.00	0.33	1.00	5.00	0.50	2.00	3.00	4.00
Material piso	0.50	0.11	0.20	1.00	0.20	0.50	0.25	0.50
Número de pisos	2.00	0.50	2.00	5.00	1.00	2.00	3.00	4.00
Año construcción	0.33	0.20	0.50	2.00	0.50	1.00	0.50	2.00
Estado de conservación	2.00	0.50	0.33	4.00	0.33	2.00	1.00	2.00
Topografía del sitio	0.50	0.33	0.25	2.00	0.25	0.50	0.50	1.00
SUMA	11.33	3.31	7.78	30.00	5.28	16.00	10.75	18.50
1/SUMA	0.09	0.30	0.13	0.03	0.19	0.06	0.09	0.05

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 36: Matriz de normalización de pares de la vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas

Variables de vulnerabilidad en edificaciones	Localización de la vivienda	Tipo de material en paredes	Material techo	Material piso	Número de pisos	Año construcción	Estado de conservación	Topografía del sitio	Vector Priorización
Localización de la vivienda	0.088	0.101	0.064	0.067	0.095	0.188	0.047	0.108	0.095
Tipo de material en paredes	0.265	0.302	0.385	0.300	0.379	0.313	0.186	0.162	0.286
Material techo	0.176	0.101	0.128	0.167	0.095	0.125	0.279	0.216	0.161
Material piso	0.044	0.034	0.026	0.033	0.038	0.031	0.023	0.027	0.032
Número de pisos	0.176	0.151	0.257	0.167	0.189	0.125	0.279	0.216	0.195
Año construcción	0.029	0.060	0.064	0.067	0.095	0.063	0.047	0.108	0.067
Estado de conservación	0.176	0.151	0.043	0.133	0.063	0.125	0.093	0.108	0.112
Topografía del sitio	0.044	0.101	0.032	0.067	0.047	0.031	0.047	0.054	0.053

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 37: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Índice de Consistencia (IC)	0.065
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.046

Fuente: Elaboración propia

a. Parámetro de Localización de la Vivienda

Cuadro 38: Matriz de comparación de pares del parámetro de la localización de viviendas en relación al epicentro

Localización de la vivienda	Muy cercana 0.2 a 0 km	Cercana 0.2 a 1 km	Medianamente alejada 1km a 3 km	Alejada 3 km a 5 km	Muy alejada > 5km
Muy cercana 0.2 a 0 km	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Cercana 0.2 a 1 km	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Medianamente alejada 1km a 3 km	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Alejada 3 km a 5 km	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Muy alejada > 5km	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 39: Matriz de normalización de pares del parámetro de la localización de viviendas en relación al epicentro

Localización de la vivienda	Muy cercana 0.2 a 0 km	Cercana 0.2 a 1 km	Medianamente alejada 1km a 3 km	Alejada 3 km a 5 km	Muy alejada > 5km	Vector Priorización
Muy cercana 0.2 a 0 km	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Cercana 0.2 a 1 km	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Medianamente alejada 1km a 3 km	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Alejada 3 km a 5 km	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Muy alejada > 5km	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 40: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.054

Fuente: Elaboración propia

b. Parámetro: Tipo de Material en Paredes

Cuadro 41: Matriz de comparación de pares del parámetro del tipo de material de las paredes

Tipo de material en paredes	Pared de adobe	Pared de estera	Pared de quincha	Pared de madera	Pared de ladrillo
Pared de adobe	1.00	2.00	4.00	5.00	9.00
Pared de estera	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Pared de quincha	0.25	0.33	1.00	5.00	7.00
Pared de madera	0.20	0.20	0.20	1.00	3.00
Pared de ladrillo	0.11	0.14	0.14	0.33	1.00
SUMA	2.06	3.68	8.34	16.33	27.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 42: Matriz de normalización de pares del parámetro del tipo de material de las paredes

Tipo de material en paredes	Pared de adobe	Pared de estera	Pared de quincha	Pared de madera	Pared de ladrillo	Vector Priorización
Pared de adobe	0.485	0.544	0.479	0.306	0.333	0.430
Pared de estera	0.243	0.272	0.360	0.306	0.259	0.288
Pared de quincha	0.121	0.091	0.120	0.306	0.259	0.179
Pared de madera	0.097	0.054	0.024	0.061	0.111	0.070
Pared de ladrillo	0.054	0.039	0.017	0.020	0.037	0.033

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 43: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Índice de Consistencia (IC)	0.084
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.075

Fuente: Elaboración Propia

c. Parámetro: Tipo de Material de Techo

Cuadro 44: Matriz de comparación de pares del parámetro del tipo de material de techo

Material techo	Otro Material (Cartón, plástico, entre otros similares)	Estera y/o Paja	Plancha de calaminas	Tejas y/o Teja andina	Concreto armado
Otro Material (Cartón, plástico, entre otros similares)	1.00	2.00	3.00	4.00	7.00
Estera y/o Paja	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Plancha de calaminas	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Tejas y/o Teja andina	0.25	0.33	0.50	1.00	3.00
Concreto armado	0.14	0.20	0.33	0.33	1.00
SUMA	2.23	4.03	6.83	10.33	19.00
1/SUMA	0.45	0.25	0.15	0.10	0.05

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 45: Matriz de normalización de pares del parámetro del tipo de material de techo

Material techo	Otro Material (Cartón, plástico, entre otros similares)	Estera y/o Paja	Plancha de calaminas	Tejas y/o Teja andina	Concreto armado	Vector Priorización
Otro Material (Cartón, plástico, entre otros similares)	0.449	0.496	0.439	0.387	0.368	0.428
Estera y/o Paja	0.225	0.248	0.293	0.290	0.263	0.264
Plancha de calaminas	0.150	0.124	0.146	0.194	0.158	0.154
Tejas y/o Teja andina	0.112	0.083	0.073	0.097	0.158	0.105
Concreto armado	0.064	0.050	0.049	0.032	0.053	0.049

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 46: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Índice de Consistencia (IC)	0.019
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.017

Fuente: Elaboración Propia

d. Parámetro: Tipo de material de piso

Cuadro 47: Matriz de comparación de pares del parámetro del tipo material de piso

Material piso	Tierra	Piedra	Madera	Cemento con hormigón	Concreto armado con vigas
Tierra	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
Piedra	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
Madera	0.33	0.50	1.00	5.00	7.00
Cemento con hormigón	0.20	0.20	0.20	1.00	3.00
Concreto armado con vigas	0.14	0.14	0.14	0.33	1.00
SUMA	2.18	3.84	6.34	16.33	25.00
1/SUMA	0.46	0.26	0.16	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 48: Matriz de normalización de pares del parámetro del tipo material de piso

Material piso	Tierra	Piedra	Madera	Cemento con hormigón	Concreto armado con vigas	Vector Priorización
Tierra	0.460	0.520	0.473	0.306	0.280	0.408
Piedra	0.230	0.260	0.315	0.306	0.280	0.278
Madera	0.153	0.130	0.158	0.306	0.280	0.205
Cemento con hormigón	0.092	0.052	0.032	0.061	0.120	0.071
Concreto armado con vigas	0.066	0.037	0.023	0.020	0.040	0.037

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 49: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Índice de Consistencia (IC)	0.064
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.058

Fuente: Elaboración Propia

e. Parámetro: Número de pisos

Cuadro 50: Matriz de comparación de pares del parámetro del número de pisos

Número de pisos	5 pisos a más	4 pisos	3 pisos	2 pisos	1 pisos
5 pisos a más	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
4 pisos	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
3 pisos	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
2 pisos	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
1 pisos	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 51: Matriz de normalización de pares del parámetro del número de pisos

Número de pisos	5 pisos a más	4 pisos	3 pisos	2 pisos	1 pisos	Vector Priorización
5 pisos a más	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
4 pisos	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
3 pisos	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
2 pisos	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
1 pisos	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 52: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.054

Fuente: Elaboración Propia

f. Parámetro: Año de Construcción

Cuadro 53: Matriz de comparación de pares del parámetro del año de construcción

Año construcción	De 40 a 50 años	De 30 a 40 años	De 20 a 30 años	De 10 a 20 años	De 5 a 10 años
De 40 a 50 años	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
De 30 a 40 años	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
De 20 a 30 años	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
De 10 a 20 años	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
De 5 a 10 años	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.09	4.03	7.83	11.50	18.00
1/SUMA	0.48	0.25	0.13	0.09	0.06

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 54: Matriz de normalización de pares del parámetro del año de construcción

Año construcción	De 40 a 50 años	De 30 a 40 años	De 20 a 30 años	De 10 a 20 años	De 5 a 10 años	Vector Priorización
De 40 a 50 años	0.478	0.496	0.511	0.435	0.389	0.462
De 30 a 40 años	0.239	0.248	0.255	0.261	0.278	0.256
De 20 a 30 años	0.119	0.124	0.128	0.174	0.167	0.142
De 10 a 20 años	0.096	0.083	0.064	0.087	0.111	0.088
De 5 a 10 años	0.068	0.050	0.043	0.043	0.056	0.052

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 55: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Índice de Consistencia (IC)	0.010
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.009

Fuente: Elaboración Propia

g. Parámetro: Estado de Conservación

Cuadro 56: Matriz de comparación de pares del parámetro del estado de conservación de la edificación

Estado de conservación de la edificación	MUY MALO: Las edificaciones en que las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso.	MALO: Las edificaciones reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que la comprometen aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	REGULAR: Las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuyas estructuras no tienen deterioro y si lo tienen, no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visibles debido al mal uso.	BUENO: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	MUY BUENO: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno
MUY MALO: Las edificaciones en que las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso.	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
MALO: Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que la comprometen aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
REGULAR: Las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuyas estructuras no tienen deterioro y si lo tienen, no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visibles debido al mal uso.	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
BUENO: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00
MUY BUENO: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.93	4.68	8.53	14.33	23.00
1/SUMA	0.52	0.21	0.12	0.07	0.04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 57: Matriz de normalización de pares del parámetro del estado de conservación de la edificación

Estado de conservación de la edificación	MUY MALO: Las edificaciones en que las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso.	MALO: Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que la comprometen aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	REGULAR: Las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuyas estructuras no tienen deterioro y si lo tienen, no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visibles debido al mal uso.	BUENO: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	MUY BUENO: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno	Vector Priorización
MUY MALO: Las edificaciones en que las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso.	0.519	0.642	0.469	0.349	0.304	0.457
MALO: Las edificaciones no reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que la comprometen aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	0.173	0.214	0.352	0.349	0.304	0.278
REGULAR: Las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuyas estructuras no tienen deterioro y si lo tienen, no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visibles debido al mal uso.	0.130	0.071	0.117	0.209	0.217	0.149
BUENO: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	0.104	0.043	0.039	0.070	0.130	0.077
MUY BUENO: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno	0.074	0.031	0.023	0.023	0.043	0.039

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 58: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Índice de Consistencia (IC)	0.076
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.069

Fuente: Elaboración Propia

h. Parámetro: Topografía del sitio

Cuadro 59: Matriz de comparación de pares del parámetro de la topografía del terreno

Topografía del sitio	50% < P ≤ 80%	30% < P ≤ 50%	20% < P ≤ 30%	10% < P ≤ 20%	P ≤ 10%
50% < P ≤ 80%	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
30% < P ≤ 50%	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
20% < P ≤ 30%	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
10% < P ≤ 20%	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
P ≤ 10%	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.09	4.03	7.83	11.50	18.00
1/SUMA	0.48	0.25	0.13	0.09	0.06

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 60: Matriz de normalización de pares del parámetro de la topografía del terreno

Topografía del sitio	50% < P ≤ 80%	30% < P ≤ 50%	20% < P ≤ 30%	10% < P ≤ 20%	P ≤ 10%	Vector Priorización
50% < P ≤ 80%	0.478	0.496	0.511	0.435	0.389	0.462
30% < P ≤ 50%	0.239	0.248	0.255	0.261	0.278	0.256
20% < P ≤ 30%	0.119	0.124	0.128	0.174	0.167	0.142
10% < P ≤ 20%	0.096	0.083	0.064	0.087	0.111	0.088
P ≤ 10%	0.068	0.050	0.043	0.043	0.056	0.052

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 61: Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro

Índice de Consistencia (IC)	0.010
Relación de Consistencia < 0.1 (*)	0.009

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1. Calculo de la vulnerabilidad

$$\sum_{i=1}^n \text{Vulnerabilidad Física}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor}$$

Cuadro 62: Calculo de la vulnerabilidad física

Vulnerabilidad																
Localización de la vivienda		Tipo de material en paredes		Material techo		Material piso		Número de pisos		Año construcción		Estado de conservación		Topografía del sitio		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.095	0.503	0.286	0.430	0.161	0.105	0.032	0.408	0.195	0.068	0.067	0.088	0.112	0.149	0.053	0.256	0.250

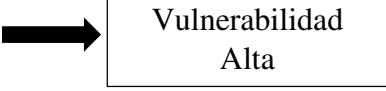
Fuente: Elaboración Propia

Determinación de niveles de vulnerabilidad

En el siguiente cuadro, se muestran los niveles de vulnerabilidad y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico.

Cuadro 63: Niveles de Vulnerabilidad

NIVELES VULNERABILIDAD	
$0.271 \leq V \leq 0.457$	MUY ALTA
$0.155 \leq V \leq 0.271$	ALTA
$0.078 \leq V \leq 0.155$	MEDIA
$0.039 < V \leq 0.078$	BAJA



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados del Cuadro 59 que determina la vulnerabilidad con valor de **0.250**, se establece que pertenece al nivel de vulnerabilidad **Alta**. Ver Figura 29.

Cuadro 64: Matriz de índices de Vulnerabilidad

Nivel de vulnerabilidad	Descripción	Rangos
Riesgo Alto	Las viviendas predominantemente son de paredes de adobe, el material del techo es de teja, material del piso prevaeciente es de tierra, la configuración de la elevación de las viviendas prevaecientes es de 2 pisos, antigüedad de las construcciones mayor a 20 años, las viviendas reciben mantenimiento esporádico, la topografía del terreno es de $10\% \leq P \leq 20\%$.	$0.155 \leq V \leq 0.271$

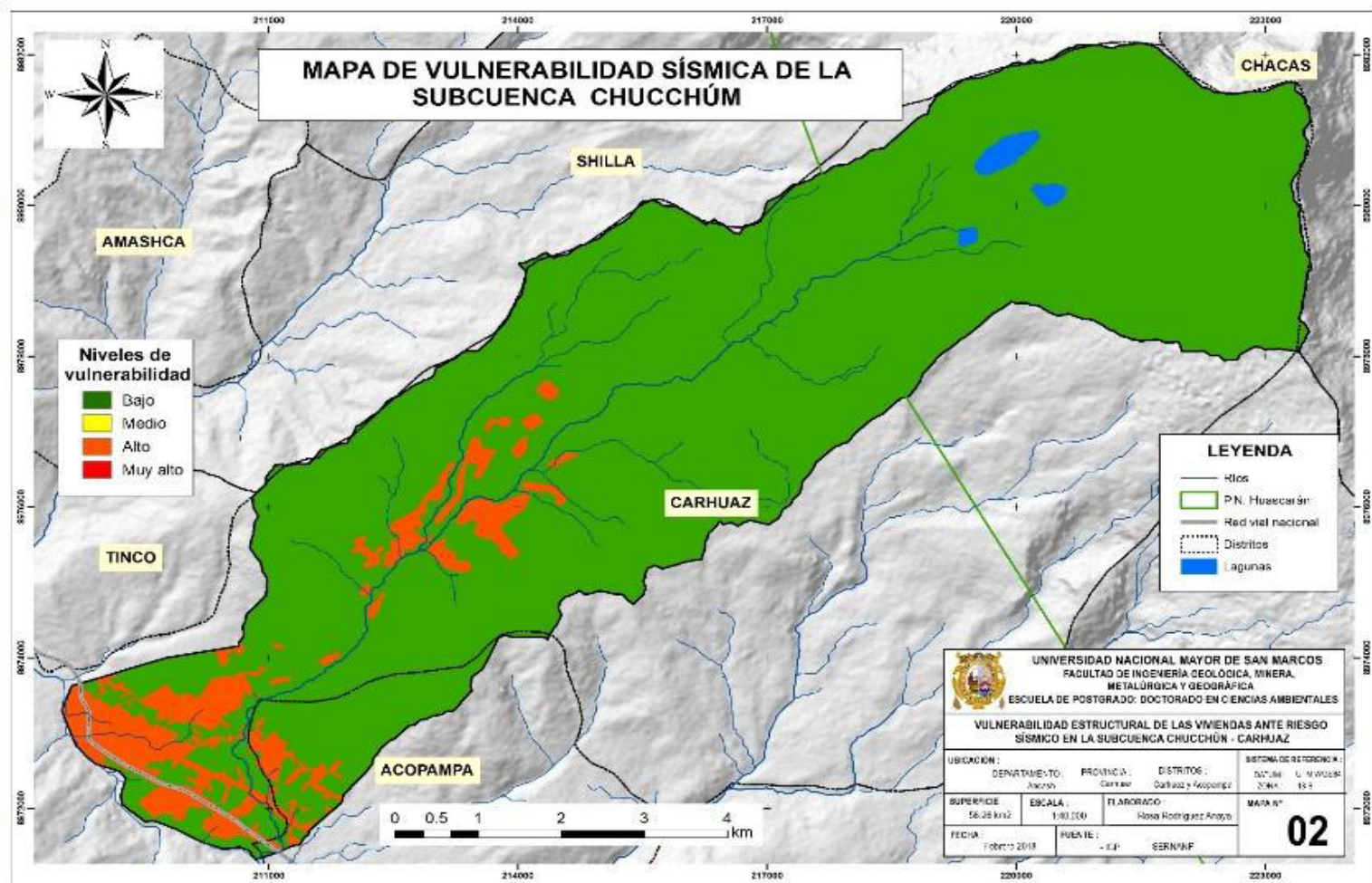


Figura 30: Mapa de Vulnerabilidad de la Subcuenca Chucchun

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Los resultados de la presente investigación con respecto al primer objetivo específico, orientado a identificar las características del territorio de la Subcuenca Chucchun, se realizó a través de la revisión, sistematización y análisis de la información del IGP, INGEMMET, CISMID y Kuroiwa, encontrando que la zona presenta una data histórica de ocurrencia de sismos de alta intensidad, que está determinado por su ubicación geográfica, presencia de fallas geológicas, características del suelo, geodinámica, geología y geomorfología de la zona. Según el MVCS, corresponde a la zona 3 de sismicidad alta y según Reyes, existen cuatro niveles de peligro asociada a su litología, pendiente y susceptibilidad. Los resultados obtenidos de esta recopilación de información concuerdan con lo obtenido de la aplicación del método de análisis jerárquico, el cual determina que la zona de estudio presenta características en el territorio que influyen en un riesgo sísmico alto.
- De los resultados de la aplicación de las 343 encuestas, a partir de las características de las variables e indicadores que influyen en la vulnerabilidad estructural de las viviendas, determinaron que las viviendas en la Subcuenca Chucchun presentan vulnerabilidad alta por el tipo de material de construcción, cubierta, sistema de entresijos, número de pisos, estado conservación, año de construcción, entre otros. Resultados similares fueron obtenidos por Tinoco, como resultado del uso de la herramienta model builder del ArcGis. Asimismo, Douglas menciona la importancia de la evaluación de las características del elemento expuesto a un evento peligroso (viviendas) que requiere la consideración de la vulnerabilidad del elemento que expresa su propensión a sufrir daños.
- En cuanto a los resultados de los niveles índices de vulnerabilidad estructural de las viviendas que influyen en el riesgo sísmico, se empleó el método de análisis jerárquico, donde se analiza las condiciones específicas de infraestructura que pueden sufrir los efectos del peligro sismo. Este método se describe en el Manual de evaluación de riesgos por peligros de origen natural del CENEPRED, para determinar el nivel de riesgo por peligro sismo o inundación o deslizamiento, entre otros. Este método en la actualidad no se encuentra en investigaciones similares.

CAPITULO 5: IMPACTOS

5.1. Propuesta para la solución del problema

Los resultados se presentarán a los dos gobiernos locales de Carhuaz y Acopampa, con el propósito de que los representantes de ambas municipalidades en sus respectivos Grupos de Trabajo de Gestión del Riesgo de Desastres, adopten medidas inmediatas para reducir la vulnerabilidad de las viviendas ubicadas en la subcuenca Chucchun.

Considerando la información del INGEMMET y de los especialistas, que vivimos un silencio sísmico y el sismo es un peligro inminente, se recomienda implementar de manera inmediata las siguientes medidas:

Adecuar el ROF y otros instrumentos de gestión en la cual incluyen funciones inherentes a la GRD, específicamente en el fortalecimiento de capacidades a través de la difusión de la normativa de gestión del riesgo de desastres a nivel de las autoridades y población en su conjunto, usando diversas técnicas de interacción social.

Los gobiernos locales de Carhuaz y Acopampa deben garantizar la incorporación de los procesos de gestión del riesgo de desastres en sus procesos de planificación, ordenamiento territorial y la inversión pública articuladamente con la Política y el Plan Nacional de GRD y sus procesos con enfoque del peligro sismo.

Para el caso del gobierno local de Carhuaz poner en funcionamiento las Plataformas de Defensa Civil y los Grupos de Trabajo para incorporar e implementar en su gestión los procesos de la GRD transversalmente en el ámbito de sus funciones. Para el gobierno local de Acopampa, constituir los grupos de trabajo de GRD y continuar con

la implementación de los procesos para reducir la vulnerabilidad frente al peligro sismo.

Continuar con el estudio de la evaluación del riesgo ante el peligro sismo; generar instrumentos técnicos y normativos, acorde a la estimación del riesgo y generar normas e instrumentos para prevenir y reducir el riesgo de desastres por el peligro sismo.

Implementar los instrumentos técnicos y normativos: capacidad de los programas y proyectos para reducir la vulnerabilidad estructural de las viviendas en la subcuenca Chucchun.

Articular en el Plan de desarrollo municipal concertado y el presupuesto participativo la temática de GRD y en el Plan de acondicionamiento territorial identificar las áreas urbanas, las áreas seguras de expansión las que deben estar declaradas de acuerdo a la normativa de GRD:

Implementar un Plan de fortalecimiento de capacidades diferenciado con el objetivo de promover la cultura de prevención en autoridades, estudiantes y población en general difundiendo actividades asociadas al cumplimiento de lo establecido en las Políticas de Estado 32 y 34.

Reglamentar a través de ordenanzas municipales las zonas de expansión urbana y/o poblacional para reducir el riesgo de desastres.

Los gobiernos locales, a través de convenios con universidades del ámbito, deben desarrollar actividades en el marco de la responsabilidad social universitaria, con el propósito de fortalecer las capacidades de la población, promover la cultura de prevención, elaborar el Plan Familiar ante la ocurrencia de sismos, desarrollar estudios de Ordenamiento territorial.

Realizar la evaluación de riesgos asociados a los peligros recurrentes en el ámbito geográfico de los gobiernos locales.

Realizar el reforzamiento de viviendas con técnicas adecuadas al ámbito de estudio.

5.2. Costos de la implementación de la propuesta

Los gobiernos locales de Carhuaz y Acopampa deberán transversalizar la gestión del riesgo de desastres en el plan estratégico y en el programa operativo institucional para destinar fondos para implementar y/o ejecutar medidas con el propósito de reducir el riesgo de desastres por el peligro sísmico.

Desarrollar acciones para acceder al presupuesto del PPR 0068(programa presupuestal 068): reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias y desastres.

Los Grupos de Trabajo de GRD de las municipalidades deben proponer la asignación del presupuesto en el Programa anual de actividades, para desarrollar las medidas que permitan reducir la vulnerabilidad estructural de las viviendas

5.3. Beneficios que aporta la propuesta

Los beneficios que aporta la propuesta para la reducción del riesgo de desastres en el ámbito de la sub cuenca Chucchun, se encuentran enmarcadas en el objetivo y principios de la Ley del SINAGERD, protege la vida, salvaguarda sus bienes materiales en mejora de su calidad de vida, aspecto del desarrollo sostenible.

Asimismo, la reducción de la vulnerabilidad de las viviendas, permitirá mejorar las condiciones de la calidad de vida de la población al contar con una vivienda segura, contribuyendo con la protección de su vida, brindando bienestar y reduciendo el temor ante la amenaza sísmica.

De otro lado, los resultados de la investigación, permitirán a las autoridades locales contar con información de la vulnerabilidad y conocer las condiciones actuales de las viviendas de su ámbito y tomar las medidas oportunas para proteger a su población ante el inminente peligro sísmico, acción que contribuirá a elevar las condiciones de vida de sectores de la población económicamente deprimidos.

CONCLUSIONES

- Las características del territorio de la subcuenca Chucchun que influyen en el riesgo sísmico de las viviendas según la zonificación, se ubicada en la zona 3, una de las zonas con mayor riesgo de ocurrencia de sismos, zona de alta sismicidad asociada al proceso de subducción de la placa de Nazca debajo de la Placa Continental y al largo silencio sísmico cerca de 50 años. La probabilidad de ocurrencia del Peligro sismo es alto.
- Las características de las variables e indicadores de las viviendas de la subcuenca Chucchun, son: el 89% son de adobe, 90.4% presentan paredes de adobe, 41.7% tienen cubierta de madera y arcilla, 37% cuentan con dos niveles y han sido construidas antes de 1989 y el 69.7% se ubican en suelos arcillosos, características que influyen en la vulnerabilidad estructural y ante la ocurrencia del peligro sismo podrían colapsar generando consecuencias como muerte de las personas y destrucción de sus medios de vida.
- El valor obtenido del índice de la vulnerabilidad de las viviendas de la subcuenca Chucchun es de 0.25, que corresponde a una vulnerabilidad alta, la que fue analizada desde la dimensión física utilizando el proceso de análisis jerárquico en una matriz 8 x 8 de los parámetros con sus respectivos pesos ponderados, donde se obtuvieron los siguientes valores: Localización de la viviendas (0.095), tipo de material predominante (0.286), material del techo (0.161), material del piso (0.032), número de pisos de la vivienda (0.198), año de construcción (0.067), estado de conservación (0.112) y topografía de sitio (0.250). Considerando que el riesgo es el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, ante la ocurrencia de un sismo de mayor magnitud el riesgo es alto y en consecuencia se generaría un desastre con grandes pérdidas humanas y materiales en las localidades de la subcuenca Chucchun.

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones, se recomienda lo siguiente:

- Realizar el Plan de Desarrollo Urbano y Rural en los ámbitos de los gobiernos locales de Carhuaz y Acopampa considerando las recomendaciones del Ministerio de Vivienda, para evitar que ocupen áreas con procesos geodinámicas de mayor peligrosidad, asimismo realizar estudio de capacidad portante de suelos y/o evaluaciones de riesgo en las zonas críticas con mayor presencia de elementos expuestos.
- Implementar medidas estructurales con el propósito de reforzar las viviendas de adobe, emitir ordenanzas municipales articuladas a la normativa existente para impedir que ocupen zonas vulnerables y de mayor riesgo sísmico, asimismo promover la capacidad de resiliencia a través del fortalecimiento de capacidades y mejora de la cultura de prevención para proteger su integridad física y sus medios de vida. El reforzamiento se deberá realizar utilizando el método de malla gallinero, el cuál es un sistema de refuerzo, que consiste en colocar en las vigas y columnas la malla gallinero, fijadas con chapas de metal y clavos. Estas mallas se colocan en la parte superior e inferior de las columnas y en la parte derecha e izquierda de las vigas, luego serán cubiertas con cemento y yeso. Este es un método sencillo y de bajo costo.
- Promover y/o fortalecer la implementación de los procesos de la gestión prospectiva del Riesgo de Desastres, a través de medidas, programas, proyectos, actividades vinculadas a los procesos de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres, así mismo ejecutar actividades orientadas a la preparación y respuesta con la participación de la población vulnerable considerando los elementos expuestos ante el riesgo sísmico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, E. (2016). *Importancia de la Vulnerabilidad estructural de la vivienda unifamiliar en el riesgo urbano. Modelo de estudio ciudad de Managua, Nicaragua*. Chile: Universidad de Chile: Revista de Urbanismo N° 35.
- BID. (2010). *Indicadores de Riesgo de Desastre y de Gestión de Riesgos. Programa para América Latina y el Caribe*. Panamá: Banco Interamericano de Desarrollo, División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Gestión del Riesgo de Desastres.
- BID, Warner, K., Pflug, G., Martin, L. A., Linnerooth-Bayer, J., Freeman, P., & Mechler, R. (2003). *Sistemas Nacionales para la Gestión Integral de Desastres: Financiamiento de la Reconstrucción*. Banco Interamericano de Desarrollo BID.
- Caiminagua, P., & Nato, R. (2012). *Análisis de las Vulnerabilidades en la Parroquia Urbana Baeza del Cantón Quijos, utilizando la metodología de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) y Herramientas Geo informáticas*. Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejército, Proyecto de Grado para la obtención del Título de Ingeniería.
- CAN. (2009). *Atlas de las dinámicas del territorio Andino: Población y bienes expuestos a amenazas naturales*. Lima: Comunidad Andina.
- Cardona, E., Medina, G., & Serna, D. (2016). *Cardona, Edwin; Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural de las edificaciones indispensables del sector educación del Grupo III en el Municipio de Dos Quebradas, Risaralda*. Pereira: Universidad Libre Seccional Pereira.
- Cardona, O. (2001). *Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos*. Barcelona: Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya.
- CENAPRED. (2012). *El Sistema de Análisis Visualización de Escenarios de Riesgo (SAVER), conocimiento para las políticas públicas de reducción de riesgos de desastre y adaptación frente al cambio climático*. México.

- CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión*. Perú Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Chávez Machado, J. (2010). *Consultoría para la definición operativa y diseño del cuestionario para la medición de indicadores de resultado del Programa Presupuestario “Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres” en el componente de Resiliencia*. Perú.
- Chávez Machado, J. (2012). *Definición operativa y diseño del cuestionario para la medición de indicadores de resultado del Programa Presupuestario “Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres” en el componente de Resiliencia*. Perú: Ministerio de Economía y Finanzas.
- CISMID. (1984). Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Macrosísmicas. *Atlas de Peligros – SINPAD*.
- Clark, C., & Keipi, K. (2000). *Indicators program for Disaster Risk, Management, Technical cooperation profile*. Washington: Inter-American Development Bank, IADB.
- Douglas, J. (05 de Abril de 2007). Physical vulnerability modelling in natural hazard risk assessment. *Natural Hazards and Earth System Science*, 7, 283-288.
- EIRD. (2009). *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Organización de Naciones Unidas.
- Garfi, M., & Ferrer-Martí, L. (s.f.). *Decision-making criteria and indicators for water and sanitation projects in developing countries*. 2011: Water Science and Technology.
- Giraldo, J., & Méndez, D. (2006). *Giraldo Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica en viviendas de mampostería en estratos uno y dos según tipificación de la estructura*. Bogotá: Tesis de título. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
- IGP. (2008). *Territorio Andino: Población y Bienes Expuestos a Amenazas Naturales*. Lima Perú: Instituto Geofísico del Perú, Catálogo General de Isosistas para Sismos Peruanos.

- IGP. (2012). *Ciencia y Geofísica*. Obtenido de Instituto Geofísico del Perú:
<http://geofisica-guszav.blogspot.com/2012/01/silencio-sismico-una-alerta-silenciosa.html>
- IGP. (2012). *Instituto Geológico del Perú. Conceptos Básicos*. Obtenido de Portal IGP: <http://portal.igp.gob.pe/conceptos-basicos>
- IGP. (2016). *Boletín Institucional Enero - Junio*. Lima Perú: Instituto Geofísico del Perú.
- INAIGEM. (2016). *INFORME TÉCNICO N° 04 - Reconocimiento del nivel de peligro de las Lagunas 513, Cochca y Rajupaquinan con fines de seguridad y aprovechamiento*. Huaraz: MINISTERIO DEL AMBIENTE, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑAS.
- INDECI. (2004). *Mapa de peligro, plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres ciudad de Carhuaz*. Lima Perú: Proyecto INDECI Ciudades Sostenibles.
- INDECI. (2006). *Manual básico para la estimación del riesgo*. Lima Perú: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Nacional de Prevención, Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos.
- INDECI. (2012). *Programa Ciudades Sostenibles, "Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo ante Desastres y Medidas de Mitigación, Escenarios de Riesgos de Desastres PERD"*. Perú: Instituto Nacional de Defensa Civil.
- INGEMMET. (1989). *Riesgos Geológicos en la Región Ancash, Huánuco y Ucayali*. Instituto Nacional de Geológico y Metalúrgico.
- INGEMMET. (1995). *Mapa Geológico del Cuadrángulo de Carhuaz*. Perú: Ministerio de Energía y Minas - Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
- INGEMMET. (2009). *Síntesis Descriptiva del Mapa Neotectónico 2008*. Lima: Boletín N° 40.
- INGEMMET. (2015). *Los Peligros Geológicos en Perú*. Lima Perú: Ministerio de Energía y Minas - MINAM.

- Javier Gómez, J. (2001). *Vulnerabilidad y Medio Ambiente, Seminario Internacional “Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe”, 20 y 21 de Junio de 2001*. Santiago de Chile: División de medio ambiente y asentamientos humanos CEPAL.
- Kuroiwa, J. (2002). *Reducción de Desastres: Viviendo en armonía con la Naturaleza*. Lima: QUEBECOR WORLD PERU S.A. Primera edición.
- Kuroiwa, J. (2010). *¡Alto a los Desastres!, Viviendas seguras y saludables para los peruanos con menores recursos*. Lima: Unmbral Ediciones SAC, Primera Edición.
- Maldonado, E., Gómez, I., & Chio, G. (2008). *Funciones de Vulnerabilidad y Matrices de Probabilidad de Daño Sismico para Edificaciones de Manpostería Utilizando utilizando Técnicas de Simulación*. Colombia: Revista Científica DYNA.
- MEF. (2004). *Pautas Metodológicas para el Análisis del Riesgo de Desastres en Proyectos de Inversión Pública*. Perú: Ministerio de Economía y Finanzas.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones, Habilitaciones Urbanas*. Perú.
- Ministerio de Vivienda construcción y Saneamiento. (2017). *Norma Técnica 030 “Diseño Sismo resistente” del RNE*. Perú.
- Moromi Nakata, I. (2012). *Tesis: Gestión del Riesgo: Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe a nivel local*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería - UNI.
- Municipalidad Provincial de Carhuaz. (2014). *Estudio de Diagnóstico y Zonificación con Fines de Demarcación Territorial de la Provincia de Carhuaz*. Huaraz: Gobierno Regional de Ancash.
- ONU. (s.f.). *Estrategia Internacional para la reducción del riesgo de desastres*. España: Organización de las Naciones Unidas.
- Páez, D., & Hernández, J. (2005). *Metodología para el estudio de la vulnerabilidad estructural de edificaciones*. Obtenido de Revista Facultad de Ingeniería: <http://www.redalyc.org/pdf/4139/413940752009.pdf>

- PCM. (2011). *Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres N° 29664*. Lima Perú: Presidencia de Consejo de Ministros.
- Perú, I. G. (2016). *CATÁLOGO GENERAL DE ISOSISTAS PARA SISMOS PERUANOS*. Lima.
- Plan International Ecuador. (2012). *Mis primeros pasos en la gestión de riesgos. ECUADOR, a través de su “Guía para Análisis de Amenazas, Vulnerabilidades y Capacidades “AVC” con la participación de niños, niñas y adolescentes para el contexto urbano”*. Ecuador.
- PNUMA, P. d. (2010). *Gráficos Vitales del Cambio Climático para América Latina y El Caribe*. Panamá - Santiago de Chile: División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Proyecto Glaciares. (2013). *Sistema de alerta temprana (SAT), Adaptación al cambio climático y reducción de riesgo de desastres por el retroceso de los glaciares de la cordillera de los Andes*. Ancash Carhuaz: CARE PERÚ, Universidad de Zúrich Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación - COSUDE.
- Reyes Nolasco, A. (2016). *Estudio de Suelos de la Subcuenca Chucchun - Carhuaz*. Huaraz.
- Rojas, M. d. (2004). *La Vulnerabilidad y el Riesgo de la Vivienda para la salud humana desde una perspectiva holística*. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba, Cuaderno Urbano N° 04.
- SNGR, S. G. (2011). *Guía para implementar el Análisis de Vulnerabilidad a nivel cantonal*. Ecuador Quito.
- SNGR, S. G. (2011). *Propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidad en función de amenazas a nivel municipal*. Ecuador.
- SNGR, S. N. (2012). *Propuesta Metodologica. Análisis de vulnerabilidad a nivel municipal*. Quito.
- Tinoco Meyhuey, T. (Mayo de 2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la zona urbana del distrito de Chiquián, utilizando el model builder del ArcGIS. *Aporte Santiaguino*, 11(2).

ANEXOS

1. GUIA PARA CUANTIFICAR LAS CARACTERISTICAS DE LAS VIVIENDAS

AMENAZA SÍSMICA ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE EDIFICACIONES

Evaluar, cualitativamente, la vulnerabilidad físico estructural de edificaciones, basado en una calificación de las características de las estructuras frente a amenazas de origen natural.

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADOR	AMENAZA SISMICA	AMENAZA DE INUNDACION/ALUVION
Sistema estructural	Concreto armado	0	1
	Albañilería confinada	1	5
	Albañilería	5	5
	Adobe reforzado	5	10
	Adobe	10	10
Tipo de material en paredes	Pared de ladrillo	1	1
	Pared de bloquetas de cemento	1	5
	Pared de madera	5	5
	Pared de piedra	10	5
	Pared de adobe	10	5
Tipo de cubierta	Losa de hormigón armado	0	0
	Vigas de concreto armado y eternit	1	1
	Vigas de madera y calamina	5	5
	Vigas de madera y teja de arcilla	10	10
Sistema de entrepisos	Losa de hormigón armado	0	NA
	Vigas de concreto y entramado madera	1	NA
	Vigas y entramado madera	5	NA
	Entramado de madera/caña	10	NA
Número de pisos	1 piso	0	10
	2 pisos	1	5
	3 pisos	5	1
	4 pisos o mas	10	1
Año construcción	entre 2010 y 2014	0	0
	entre 2000 y 2009	1	1
	entre 1990 y 1999	5	5
	antes de 1989	10	10

Estado de conservación	Bueno	0	0
	Aceptable	1	1
	Regular	5	5
	Malo	10	10
Características del suelo bajo la edificación	Rocoso	0	NA
	Conglomerado	1	NA
	Arcilloso	5	NA
	Pantanosos, relleno	10	NA
Características de ubicación	En zona elevada y alejada del cauce	NA	0
	En zona baja	NA	1
	En las márgenes	NA	5
	En el cauce de un río o quebrada	NA	10
Topografía del sitio	Pendiente ligera, hasta 10%	0	0
	Pendiente moderada, 10% a 20%	1	1
	Pendiente pronunciada, 20% a 45%	5	5
	Pendiente muy pronunciada, más de 45%	10	10
Forma de la construcción	Regular en planta y en elevación	0	NA
	Irregular en planta y regular en elevación	1	NA
	Regular en planta e irregular en elevación	5	NA
	Irregularidad en planta y en elevación	10	NA

Nivel de vulnerabilidad	Puntaje
Bajo	0 a 33 puntos
Medio	34 a 66 puntos
Alto	Más de 66 puntos

Fuente. Adaptado de Guía AVC

2. FORMATO DE ENCUESTA PILOTO

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE EDIFICACIONES

Evaluar, cualitativamente, la vulnerabilidad físico estructural de edificaciones, basado en una calificación de las características de las estructuras frente a amenazas de origen natural.

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADOR	MARCAR LO QUE CORRESPONDA
Sistema estructural	Concreto armado	
	Albañilería confinada	
	Albañilería	
	Adobe reforzado	
	Mampostería	
	Adobe	
Tipo de material en paredes	Pared de ladrillo	
	Pared de bloquetas de cemento	
	Pared de madera	
	Pared de piedra	
	Pared de adobe	
Tipo de cubierta	Losa de hormigón armado	
	Vigas de concreto armado y eternit	
	Vigas de madera y calamina	
	Vigas de madera y teja de arcilla	
Sistema de entrepisos	Losa de hormigón armado	
	Vigas de concreto y entramado madera	
	Vigas y entramado madera	
	Entramado de madera/caña	
Número de pisos	1 piso	
	2 pisos	
	3 pisos	
	4 pisos o mas	
Año construcción	entre 2010 y 2014	
	entre 2000 y 2009	
	entre 1990 y 1999	
	antes de 1989	
Estado de conservación	Bueno	
	Aceptable	
	Regular	
	Malo	
	Rocoso	

Características del suelo bajo la edificación	Conglomerado	
	Arcilloso	
	Pantanosos, relleno	
Características de ubicación	En zona elevada y alejada del cauce	
	En zona baja	
	En las márgenes	
	En el cauce de un río o quebrada	
Topografía del sitio	Pendiente ligera, hasta 10%	
	Pendiente moderada, 10% a 20%	
	Pendiente pronunciada, 20% a 45%	
	Pendiente muy pronunciada, más de 45%	
Forma de la construcción	Regular en planta y en elevación	
	Irregular en planta y regular en elevación	
	Regular en planta e irregular en elevación	
	Irregularidad en planta y en elevación	

Ubicación:

Nivel de vulnerabilidad
Bajo
Medio
Alto

Fuente. Adaptado de Guía AVC

3. CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE ENCUESTA PILOTO

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE ENCUESTA PILOTO

El que suscribe, Dr. NEIL SANDRO ALATA OLIVARES, Asesor de la Tesis denominada:

**“VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE RIESGO SISMICO DE LAS VIVIENDAS DE LA
SUBCUENCA CHUCCHUN - CARHUAZ”**

Presentada por la Magister ROSA DEIFILIA RODRÍGUEZ ANAYA, para optar el Grado de Doctora en Ciencias Ambientales en la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minería, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, deja constancia que la encuesta piloto del Anexo 2, fue validada por el suscrito y aplicada en la muestra de viviendas del ámbito de investigación de la subcuenca Chucchun, distrito y provincia de Carhuaz en el departamento de Ancash.

Lima, 23 de Enero del 2018



Dr. Neil Sandro Alata Olivares
Asesor

4. PANEL FOTOGRÁFICO

CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS DE LA SUBCUENCA CHUCCHUN SEGÚN LA ZONA, QUE FUERON EVALUADAS CON LA ENCUESTA

PILOTO

CARHUAZ



ACOPAMPA



BAÑOS LA MERCED



BARRIO NUEVO



CAPILLA PACHAN



COCHAC



HUALCAN



HUANTAY



SOLEDAD



MASHUAN



TUCSHU



YANACOTO

